



Arbetsrapport R2008:012

Kärnkraft i Indien, Japan och Kina

– “Watts” going on in Asia?

Ulf Andréasson, Stefan Jonsson och Anders Karlsson

Arbetsrapport

R2008:012

Kärnkraft i Indien, Japan och Kina

“Watts” going on in Asia?

Ulf Andréasson, Stefan Jonsson och Anders Karlsson

ITPS, Institutet för tillväxtpolitiska studier

Studentplan 3, 831 40 Östersund

Telefon 063 16 66 00

Telefax 063 16 66 01

E-post info@itps.se

www.itps.se

ISSN 1652-0483 (webb), 1652-8486 (tryck)

Danagårds Grafiska, Ödeshög 2009

För ytterligare information kontakta Ulf Andreasson

Telefon +86 (0)10 65 32 79 31

E-post ulf.andreasson@itps.se

Förord

Kärnkraft har under senare år åter blivit ett ord på mångas läppar runt om i världen. Det talas i flera länder, inte minst asiatiska, om en kommande utbyggnad. För politiker i dessa länder handlar det om nationell energisäkerhet, klimathot eller kanske ett alternativ till höga priser på andra energislag. Kärnkraft uppfattas även som en symbol för nationellt framsteg; ett land kan genom kärnkraft visa upp att de behärskar en ytterst avancerad och ”modern” teknologi. För den vanlige medborgaren kan det handla om samma aspekter, men det kan även vara oro för attentat och olyckor som man förknippar med kärnkraft. Långt från alla ser kärnkraft som något givet positivt och en utbyggnad kan uppfattas som ett hot. Det finns också andra viktiga perspektiv. För många företag kan det vara affärs-möjligheter som lockar med en global nukleär expansion.

Denna rapport behandlar den nuvarande och framtida situationen för kärnkraften i tre viktiga asiatiska länder: Indien, Japan och Kina. Den enskilt viktigaste frågan gäller de framtida planerna för kärnkraften i dessa länder – liksom realismen i dessa planer. Rapporten diskuterar om den planerade expansionen i de tre länderna ska förstås som en global renässans för kärnkraften, eller om det handlar om en utvidgning i takt med en ökad global energianvändning. Även sådant som teknologival, utländsk respektive inhemsk teknologi, liksom aspekter som framtida export, säkerhet, forskning och utveckling samt avfallsfrågan berörs i studien. Några av konsekvenserna av den planerade expansionen kommer också att diskuteras, bland annat kring säkerhets- och klimatpolitik.

Vi är övertygade om att den generella svenska kunskapsnivån om kärnkraftens planerade utveckling i de tre största asiatiska ekonomierna är låg. Det är därför viktigt med en översikt om hur dessa länder planerar att utveckla och organisera kärnkraften under kommande årtionden. Om den planerade expansionen i dessa länder är av godo eller ondo överlåter vi åt läsaren att avgöra, men vi anser det viktigt att debatten om Sveriges framtida energival hämtar näring från diskussionerna och utvecklingen i andra länder. Det här gäller även de som vi hittills endast i liten utsträckning jämfört oss med i energisammanhang.

Rapporten har författats av Ulf Andréasson, Stefan Jonsson och Anders Karlsson, verk-samma vid ITPS kontor i Peking, New Delhi respektive Tokyo.

Författarna vill framföra ett tack till Janne Wallenius, professor i reaktorfysik vid KTH, för att vänligen ha delat med sig av sina kunskaper.

Östersund, januari 2009

Brita Saxton

Generaldirektör

Innehåll

Ordlista	7
Sammanfattning	9
Summary	11
1 Kärnkraftens renässans?	13
1.1 Rapportens struktur	17
2 Jämförande frågeställningar.....	19
2.1 Expansionsplaner	19
2.2 Inhemsk utveckling kontra teknologihandel.....	20
2.3 Bränsletillgång	21
2.4 Forskning och utveckling.....	22
2.5 Säkerhet	22
2.6 Avfallshantering	23
2.7 Anses kärnkraft grön i Asien?.....	23
2.8 Slutsatser	23
3 Indien	26
3.1 Kärnkraft i Indien: från självständighetsdröm till vardagsenergi	26
3.2 Undantaget från NSG: nystart för gammal industri	27
3.3 En ny indisk exportvara?.....	28
3.4 Kärnkraftsindustrins utveckling.....	28
3.5 Reaktorparken	29
3.6 Bränsletillgång	31
3.7 Hantering av radioaktivt avfall	33
3.8 Forskning och utveckling.....	35
3.9 Avslutande kommentarer	35
4 Japan	36
4.1 Japan: "Nuclear Power Nation" – gigant på skakig grund.....	36
4.2 Historik och nuvarande utbyggnad.....	36
4.3 Japansk kärnkraftsindustri	41
4.4 Uranförsörjning och bränslecykelprogram.....	42
4.5 Interim- och slutförvaring av avfall.....	43
4.6 Forskning och utveckling.....	44
4.7 Säkerhet och kärnkraftsincidenter	44
4.8 Energipolitiken i dagsläget: förnybart och kärnkraft.....	46
4.9 Internationell utblick	48
4.10 Avslutande kommentarer	49
5 Kina	50
5.1 Kärnkraft i Kina: en väg bort från kolberoendet?	50
5.2 Ett utvecklingsperspektiv	51
5.3 Expansion och ytterligare expansion	52
5.4 Tekniknationalism versus utländsk högteknologi.....	54
5.5 Bränsletillgång och -cykel	56
5.6 Avfall	57
5.7 Forskning och utveckling.....	57
5.8 Säkerhet	58
5.9 Export.....	58
5.10 Avslutande kommentarer	58
Referenser	60

Ordlista

Generellt

BWR	Boiling water reactor, en typ av lättvattenreaktor
CDM	Clean Development Mechanism, delprojekt under Kyotoprotokollet som låter industriländer minska sina koldioxidutsläpp genom att investera i projekt för att minska utsläppen i utvecklingsländer som alternativ till mer kostsamma utsläppsminskningarna i egna länder
FBR	Fast breeder reactor
HLW	High level waste
IAEA	International Atomic Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITER	International thermonuclear reactor, internationellt forskningsprojekt kring framtida fusionsreaktorer
NGO	Non governmental organization
NSG	Nuclear Suppliers Group
Magnox	en äldre typ av gaskyld reaktor
MOX	Mixed oxide, en typ av kärnbränsle där naturligt uran blandas med plutonium och upparbetat uran
PWR	Pressurized water reactor, en typ av lättvattenreaktor
WEO	World Energy Organization
WETO	World Energy Technology Outlook (EU:s energiframsikt)

Indien

AEC	Atomic Energy Commission
AERB	Atomic Energy Regulatory Board
BARC	Bhaba Atomic Research Center
BHAVINI	Bharatiya Nabhikiya Vidyut Nigam Limited
DAE	Department of Atomic Energy
EIA	Energy Information Administration
GoI	Government of India
IAEA	International Atomic Energy Agency
NPCIL	Nuclear Power Corporation of India Limited

Japan

JAEA	Japan Atomic Energy Agency (består av de tidigare Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) och Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC). JNC kallades tidigare Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC))
NSC	Nuclear Safety Commission
AEC	Atomic Energy Commission
CRIEPI	Central Research Institute of the Electric Power Industry
ANRE	Agency for Natural Resources and Energy
NISA	Nuclear and Industrial Safety Agency
MEXT	Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry
TEPCO	Tokyo Electric Power Company
JNFL	Japan Nuclear Fuel Limited
GNEP	Global Nuclear Energy Partnership
FNCA	Forum for Nuclear Cooperation in Asia
pluThermal	Namnet på Japans program för användning av plutoniumutblandat (MOX) kärnbränsle

Kina

CGNPC	China Guangdong Nuclear Power Corp.
CNNC	China National Nuclear Corp.
COSTIND	Commission of Science, Technology, and Industry for National Defense
CPI	China Power Investment Corp.
IEA	International Energy Association
NDRC	National Development and Reform Commission
SNPTC	State Nuclear Power Technology Corp.

Sammanfattning

En framtid i öster

Befintliga utbyggnadsplaner för kärnkraft i världen skulle, om de förverkligas, fördubbla den nukleära produktionskapaciteten fram till år 2030. Världen skulle i sådana fall stå inför en ny expansionsfas liknande den under 1970- och 80-talen. Men på grund av den snabbt växande globala efterfrågan på energi förväntas ändå inte andelen kärnkraft i den globala energimixen öka jämfört med dagsläget.

Över hälften av expansionen planeras i Asien och en fjärdedel i Östeuropa. Kina planerar den största enskilda expansionen: från nuvarande 8,6 GWe (vilket är ungefär samma kapacitet som Sverige) till 130–160 GWe år 2030. Indien avser att fram till år 2050 öka från 4 till 60 GWe medan Japan planerar en ökning från 46,2 GWe till 64,6 GWe till år 2030. Om den planerade expansionen kommer att realiseras är ändå osäkert. Tidigare planer för kärnkraftsexpansion har, i synnerhet i Kina och Indien, misslyckats och den finansiella krisen innebär ytterligare påfrestningar som ökar osäkerheten kring finansieringen av stora riskfyllda projekt.

Den främsta drivkraften för en kärnkraftsexpansion i Indien och Kina är det växande kraftbehov som uppstått i och med den ekonomiska utvecklingen. Kärnkraft gör länderna också mindre importberoende och skulle därmed öka energisäkerheten jämfört med vad fallet är för fossila energikällor. För Japan, som försöker minska och förändra sin energiförbrukning för att uppfylla Kyotoprotokollet, är intresset för kärnkraft kopplat till att motverka klimatförändringar samt att säkerställa nationell energisäkerhet.

Att den globala utbyggnaden troligen kommer att ha sin tyngdpunkt i Asien innebär en förskjutning österut i det globala nukleära landskapet. Denna expansion kommer att få betydande politiska och ekonomiska konsekvenser, även för Sverige. Några av dessa beskrivs i sammanfattande punkter nedan.

Asiatisk export av kärnkraftsteknologi

En följd av en förskjutning österut blir troligen utvecklandet av en exportinriktad kärnkraftsindustri i regionen. Förvisso har både Kina och Indien primärt ambitionen att vara självförsörjande vad gäller kärnkraftsteknologi; Indien av nödvändighet och Kina genom val eftersom man inte anser sig på egen hand klara planerna för utbyggnaden av kärnkraft. Japan har redan en stark nukleär exportindustri. Toshiba är efter sitt uppköp år 2006 av amerikanska Westinghouse Electric Co. världens största kärnkraftskoncern, och konkurrenterna Hitachi i och Mitsubishi Heavy Industries har strategiska allianser med amerikanska General Electric respektive franska Areva. Indien förväntas anträda den globala marknaden för komponenter i kärnreaktorer genom den indiska teknikföretaget Larsen & Toubro (L & T). Kina verkar också ha exportambitioner: man exporterar exempelvis redan kärnteknik till åtminstone Pakistan och har ingått samarbetsavtal med ett antal andra länder.

Klimatpolitiska perspektiv

Kärnkraft anses positivt i klimathänseende i de studerade länderna och utgör en viktig del av de tre ländernas klimatstrategier. Med tanke på de enorma energibehoven i Indien och Kina kommer inte kärnkraft, även om de mest ambitiösa expansionsplanerna förverkligas, utgöra någon realistisk lösning på problemet med ökande utsläpp av växthusgaser. En ökad

andel kärnkraft minskar ändå, relativt sett, den fossila energianvändningen eftersom kärnkraften är tänkt att ersätta kol.

Forskning om nya reaktorer och bränslecykler

En annan följd av en nukleär expansion i Asien är uppbyggnaden av forskningskapacitet i regionen. Utifrån nuvarande teknik kommer den globala tillgången på uran vara förbrukad redan år 2040. Långsiktig lönsam användning av kärnenergi bygger därför på möjligheterna att utveckla effektiva kärnbränslecykler, vilket återspeglas i en stark betoning på forskning om nya reaktorgenerationer i Japan och Kina och fokus på fusionsforskning och bränslecykler i alla de studerade länderna. Japan har den i särklass mest avancerade forskningen, men utifrån starka incitament att förbättra bränslecykeln expanderar Kina och Indien sina forskningsinsatser i snabb takt. Indien har inte varit engagerad i utvecklingen av tredje eller fjärde generationens reaktorer, utan har snarare fokuserat på att skapa en sluten bränslecykeln med torium. Kina förefaller ha som primärt intresse att på sikt kunna designa och konstruera avancerade tredjegerationsreaktorer.

Säkerhet och avfallshantering

Säkerhet kommer utan tvekan bli en central fråga vid en expansion, bland annat utifrån att stora delar av Asien är exponerat för naturkatastrofer. Japan har ett utvecklat säkerhetstänkande. Säkerhetsfrågor har också blivit allt viktigare i Indien och Kina, men offentlig debatt om säkerhetsfrågor är begränsad i dessa länder.

En särskild anledning till oro är spridningsfrågor; att ämnen och utrustning som används i civila syften kommer till användning för framställning av kärnvapen. Japan och Kina har undertecknat icke-spridningsavtalet, men inte Indien. Indien erkänns emellertid som ett *de facto* icke-spridningsland.

Alla tre länderna har för avsikt att använda sig av upparbetning och långsiktig avkastning av långlivat avfall som bränsle i snabba reaktorer. Japan har konstruerat en stor industriell upparbetningsanläggning, som beräknas vara i kommersiell drift under 2010. Indien och Kina har mindre upparbetningsanläggningar.

Summary

A shift to the East

Existing nuclear expansion plans, if realized, would double the global nuclear energy production capacity until 2030. The world thus faces a new era of global nuclear expansion similar to the 1970s and -80s. However, because of the rapidly growing global energy demand, the share of nuclear energy in the world energy mix is not expected to increase.

Over half of this expansion is planned to take place in Asia, and another fourth in Eastern Europe. China plans the largest expansion – from the present 8.6 GWe (approximately the same to 130–160 GWe in 2030. India wants to expand from 4 GWe to 60 GWe in 2050 whereas Japan plans an increase from 46.2 GWe to 64.6 GWe in 2020. However, there are serious doubts whether the planned expansion will be realized. Previous plans for nuclear expansion, particularly in China and India, have failed and the financial crisis puts additional constraints on the financing of large projects with high risk.

The primary driver for expanding nuclear energy capacity in India and China is the growing thirst for power in these rapidly growing economies. A long-term attraction is the expectation that through development of more efficient fuel-cycles, nuclear power generation is less import dependent and thereby provide for better energy security than fossil energy sources. For Japan, urgently trying to reduce and transform its energy consumption to meet the Kyoto Protocol, interest in nuclear power is thus primarily related to climate change and ensuring national energy security.

The strong Asia focus in the nuclear expansion plans means an eastward shift in the global nuclear landscape, which will have political and economic implications, also for Sweden. We outline some of these consequences below.

The birth of an Asian nuclear export industry

One consequence of the shift to Asia is the development of a nuclear export industry in the region. Both China and India have the ambition to develop a self sufficient nuclear industry; India by necessity and China by choice. Japan already has a strong export platform, notably with Toshiba becoming the world's largest nuclear plant manufacturer after having acquired Westinghouse Electric Co. in 2006, and with Hitachi and Mitsubishi Heavy industries making strategic alliances with American General Electric and French Areva respectively. Furthermore, India is expected to enter the global market for heavy technical components of nuclear reactors through the Indian engineering company Larsen & Toubro (L&T). China also appears to have export ambitions: the country already exports nuclear technology to Pakistan and cooperation agreements with a number of other countries have also been concluded.

Climate policy perspective

In the studied countries, nuclear energy is considered a climate friendly technology and it is a vital part of the climate strategies in all three countries. Given the enormous energy need of India and China, nuclear power is not a realistic *solution* to the problem of rapidly increasing GHG emissions. On the other hand, an increased share of nuclear energy would without doubt reduce fossil energy use and thus in a relative perspective also reduce GHG emissions.

Research on new reactors and fuel cycles

Another consequence of a strong expansion in Asia is the development of research capabilities. Using current nuclear technologies, global economic supply of uranium may deplete already by 2040. The long term viability of nuclear energy hinges on the efficiency of nuclear fuel cycles. This is reflected in a currently strong emphasis on research into new power generation reactors in Japan and China and the focus on fusion research and fuel cycles in all the studied countries. Japan is by far most advanced, but given the significant incentives to improve fuel cycles, China and India are rapidly expanding their research efforts. India has not been involved in third or fourth generation reactor research but has focused on creating a closed fuel cycle with thorium. China seems to have its primary interest in acquiring advanced skills to eventually be able to design and construct advanced third-generation reactors.

Security, safety and waste

Security and safety will, undoubtedly, become crucial issues in a forthcoming expansion. Large tracts of Asia are prone to natural disasters. Security and safety concerns are already high on the agenda in Japan. These issues have gained importance in India and China, yet there is limited information and little public discussion on security and safety in these countries. Generally, these issues warrant further attention.

A particular security concern is proliferation. Japan and China are signatories to the NPT, but India is not. India is, however, recognized as a de-facto non-proliferating country.

All three countries intend to make use of reprocessing and long-term return of long-lived waste as fuel in fast reactors. Japan has constructed a major industrial reprocessing plant, which is estimated to be in commercial operation in 2010. Both India and China have smaller reprocessing facilities.

1 Kärnkraftens renässans?

Från att ha varit en teknologi i avklingande har kärnkraft åter blivit ett viktigt inslag i det planerade energiscenariot i ett flertal länder. Kärnkraft ses framför allt som ett realistiskt svar på utmaningen med kraftigt ökande energibehov, klimathänsyn och nationell energisäkerhet. Ekonomiskt karaktäriseras kärnkraft av stora initialkostnader kopplade till uppförandet av kärnkraftverken; politiskt har det varit svårt att argumentera för kärnkraft efter de stora olyckorna och tillbudena i slutet av 1970 och början av 1980-talen. Stigande priser på olja och naturgas men framför allt en ökad oro för klimatförändringar har under de senaste åren bidragit till att göra kärnkraft mer attraktivt för beslutsfattare inom energiområdet¹.

I Asien finns sex länder med civil kärnkraft: Kina, Indien, Japan, Sydkorea, Pakistan och Taiwan. År 2007 producerade de något fler än 100 reaktorer över 520 TWh, eller motsvarande 20 procent av världens totala nukleära elproduktion. Globalt ser man över den närmaste 20-årsperioden, givet att de ambitiösa planerna blir verklighet, fram emot en absolut expansion av kärnkraftskapaciteten med nära 320 GW – det vill säga en nära fördubbling av dagens globala kapacitet. Hälften av världens projicerade kärnkraftsutbyggnad planeras i Asien, med ytterligare 25 procent i Östeuropa² (se figur 1-1).

Vett om Watt

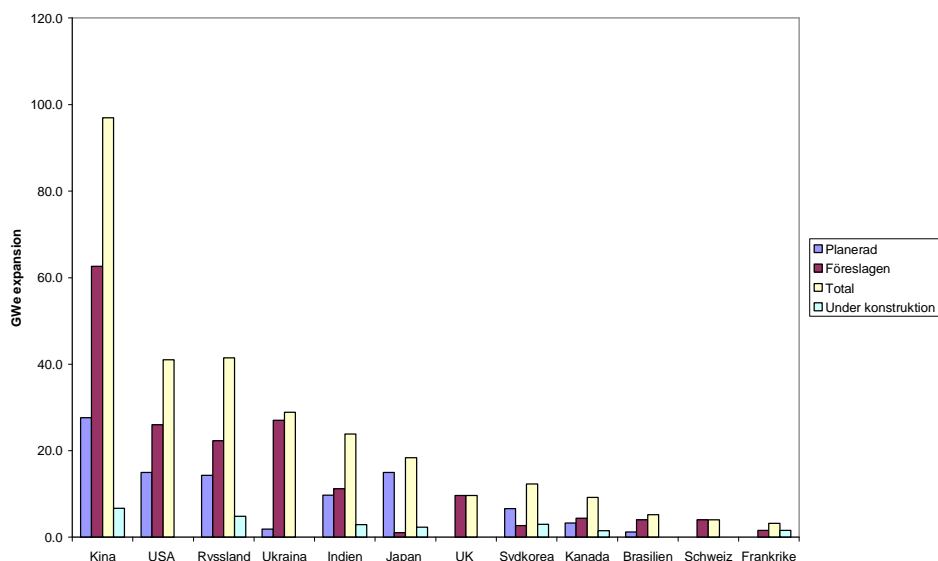
Energi och effekt är två olika fysikaliska begrepp. Energi är ett mått på ett arbete som kan utföras, eller utförts, till exempel en bil som rört på sig, ett element som värmt. Effekt är hastigheten för energiomvandlingen. Energi är produkten (eller mer generellt integralen eller summan) av effekt gånger tid. Energi mäts i grundenheten **joule (J)**. Effekten mäts i **watt (W) (J/s)**. Om energimängden en joule omvandlas under tiden en **sekund (s)** är effekten en watt. Enheten **MWe** och **GWe** står för en Megawatt (en miljon watt) och Gigawatt (en miljard watt) elektrisk effekt. Ett stort kärnkraftverk har typisk en effekt på 1 GWe. En Terawatt är 1 000 miljarder watt. Elektrisk produktion från ett kraftverk i GWe är termiska kraften gånger effektiviteten i verket. Vad är energiförbrukning i kWh? När man talar om energianvändning används ofta enheten **kilowattimme (kWh)**. 10 stycken glödlampor 100 Watt (= 1 000 watt) som står på i en timme förbrukar 1 kWh energi. Av olika energityper så är elektrisk "mest värdefull" eftersom den med stor effektivitet kan omvandlas till andra energislag; till exempel till rörelseenergi hos ett lokomotiv, till ljus i belysning, eller till värme i elektriska element.

När man vidare ser på landsstatistik kring energi och finner att till exempel kärnkraft hypotetiskt svarar för 40 procent av elektricitetsproduktionen, och 10 procent av totala energiproduktionen, så innebär det helt enkelt att enbart en del av energiproduktionen är i form av elektricitet (som sedan i sin tur kan omvandlas till andra energiformer).

¹ <http://www.iht.com/articles/2006/03/16/opinion/edvictor.php>

² <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

Figur 1-1 Under konstruktion, planerad, föreslagen och total kärnkraftutbyggnad under närmaste 20-årsperioden.



Källa: Figur bearbetad från <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

Med reaktorer under konstruktion avses reaktorer där bygge eller renovering pågår. Planerade reaktorer har byggplaner klara eller ett åtagande finns på plats, och förväntas vara i drift inom en åttaårsperiod. Med föreslagen avses att ett förslag eller program finns med förväntad operation inom 20 år.

Dagens globala kärnkraftssituation domineras av ekonomierna i väst samt Japan och Sydkorea med Sverige på nionde plats. Det här förväntas ändras genom den planerade utbyggnaden. I tabell 1-1 har vi sammanställt den existerande kapaciteten och den planerade (under konstruktion och föreslagna) för att blicka framåt till slutet av 2030-talet³.

Tabell 1-1 Existerande och framtida kapacitet (GWe).

	Existerande	Under			Total
		konstruktion	Planerad	Föreslagen	
USA	100.599	0	15	26	141.6
Kina	8.587	6.7	27.62	62.6	105.5
Frankrike	63.473	1.6	0	1.6	66.7
Japan	46.236	2.3	14.95	1.1	64.6
Ryssland	21.743	4.8	14.34	22.28	63.2
Ukraina	13.168	0	1.9	27	42.1
Sydkorea	17.533	3	6.6	2.7	29.8
Indien	3.779	2.9	9.76	11.2	27.6
Kanada	12.652	1.5	3.3	4.4	21.9
UK	11.035	0	0	9.6	20.6
Schweiz	3.22	0	0	4	7.2
Brasilien	1.901	0	1.245	4	7.1

Källa: Tabell bearbetad från <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>, december 2008.

³ Beroende på osäkerheter i offentliga utsagor och statistik skiljer sig de aggregerade siffrorna i tabellen sig något från en summering av siffrorna i den löpande texten.

Det är ett stort tillskott till dagens energiproduktion från kärnkraft och även en förflyttning av kärnkraftens tyngdpunkt då Kina och Indien förväntas ta plats bland de tio största länderna och Brasilien bland de femton största. Japan flyttar från en tredje till fjärde plats jämfört med dagens situation.

Trots denna ökning har kärnkraft i Asien, liksom i Europa, på kort sikt minskat som andel av den totala energimixen⁴. En första fråga är således om utbyggnaden är en ökning av kärnkraftens roll som energikälla eller en anpassning till ett globalt ökat behov av energi? Framtidsutsikterna skiljer sig markant åt mellan olika bedömare. International Energy Agency (IEA) använder som referensfall en andel av kärnkraft i världens totala energimix som minskar från 15 procent (2007) till 10 procent 2030. Även i alternativfallet där man räknar med mer positiv kärnkraftspolicy (eller hårdare restriktioner för fossila bränslen) förutspår man en minskning till tolv procent⁵ av världens totala energiförsörjning. Enligt denna tolkning av framtiden betyder den planerade expansionen endast att kärnkraften inte tappar så mycket i vikt, relativt andra energikällor.

Tillförlitligheten i dessa siffror är svår att bedöma. För det första maskerar en total nedgång i världen stora regionala skillnader. Medan kärnkraften väntas minska i Europa genom utfasning och begränsade nyinvesteringar, kommer Asien att öka sin kärnkraftsproduktion avsevärt. Vidare bygger de flesta studierna på att kärnkraft är socialt och politiskt svårt att bygga ut⁶. I EU:s framsikt – *World Energy Technology Outlook 2050* (WETO⁷) – där man antar att sådana sociala och politiska hinder försvagas fram till 2020 – förutspår man en ökning av kärnkraftens andel av totala energiproduktionen till 25 procent till 2050. WETO:s framsikt är konsistent med många av de långsiktiga 'business as usual scenarios' som används för att estimeras växthusgasutsläpp. Fossila bränslen som finns tillgängliga 2050 tror man kommer att kosta så mycket att kärnkraft blir ett ekonomiskt alternativ. IPCC, till exempel, förutspår mellan 15 och 25 procent kärnkraft till 2050⁸.

I den här rapporten ser vi i Indien och Kina ingen politisk, social eller annan negativ diskussion kring frågan om man bör bygga ut; frågan är i stället hur man kan maximera hastigheten i utbyggnaden. I Japan följer denna fråga ett annat mönster. Efter ett antal olyckor och incidenter samt driftstopp efter jordbävningar har det allmänna motståndet mot kärnkraft ökat markant. Samtidigt ser myndigheter en ökad andel kärnkraft och ny kärnteknologi som en nödvändig komponent i energimixen och som ett medel att uppnå målen i klimatpolitiken. En annan viktig fråga som inte verkar diskuteras i Kina och Indien är hur genomförbara dessa expansionsplaner är.

En första observation är således att de globala effekterna av den planerade utbyggnaden av kärnkraften inte är självklar. Utbyggnaden kan tolkas som ett linjärt svar på den stigande globala efterfrågan på energi, eller som en signal om en ändring mot ökande andel kärnkraft och en global nukleär renässans. Frågan om vi är på väg mot en ökad andel kärnkraft eller inte, har viktiga implikationer för den globala klimatpolitiken såväl som den globala

⁴ <http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/2008-world-nuclear-industry-status-report/2008-world-nuclear-industry-status-re-0>

⁵ http://www.iea.org/textbase/speech/2006/nvh_nuclear.pdf

⁶ Schade, Burkhard & Tobias Wiesenthal, "Comparison of Long-Term World Energy Studies Assumptions and results from four world energy models", JRC Report (2007). se: <ftp://ftp.jrc.es/pub/EURdoc/eur22938en.pdf>

⁷ WETO 2050, se: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/weto-h2_en.pdf

⁸ IPCC, "Special Reports on Emission Scenarios 2000". se: <http://www.grida.no/publications/other/ipcc%5Fsr/?src=/climate/ipcc/emission/>

ekonomiska tillväxten. Klart är dock att den totala installerade kärnkraftskapaciteten kommer att öka väsentligt och att tyngdpunkten i världens kärnkraftsexpansion kommer att ligga i Asien. För att skapa sig en förståelse för hur kärnkraftens framtid kommer att utvecklas är det därför väsentligt att förstå Asiens syn på kärnkraft och de lösningar som de ser framför sig.

Kort om kärnkraftsreaktorer

Elektricitet via kärnkraft framställs genom att man i en reaktortank klyver atomer. Vid atomklyvningen frigörs energi i form av värme. Målet är att koka vatten till ånga som driver ett turbingeneratoraggregat, som i sin tur genererar elektricitet. Nedan presenteras olika typer av reaktorer.

- **Lättvattenreaktor.** Den globalt mest använda reaktortypen är lättvattenreaktorn. Den finns i två utföranden: tryckvattenreaktor (PWR i väst och VVER i öst) och kokvattenreaktorer BWR. Skillnaden mellan de båda är att man i en BWR kokar vatten direkt i reaktortanken och ångan driver en turbin medan man i en PWR håller vattnet i reaktortanken under högt tryck och värmer upp en separat ånggenerator som i sin tur driver en turbin. Det finns 212 PWR, 50 VVER och 92 BWR i världen i dagsläget. Samtliga svenska reaktorer är av lättvattentyp: tre PWR och sju BWR.

- **Tungvattenreaktor.** Vid sidan av lättvattenreaktorer finns tungvattenreaktorer. Fördelen med dessa är att man slipper anrika uranet i bränslet. I Kanada utvecklades tidigt den så kallade CANDU. Det finns 35 sådana reaktorer i drift i världen, i framför allt Kanada men även i Sydkorea, Indien och Rumänien. Tungvattenreaktorer har också utvecklats i andra länder, då under benämningen Steam Generating Heavy Water Reactor, SGHWR, men dessa är mer prototyper som inte tagits i kommersiellt bruk.

- **Kanalkokareaktor.** I forna Sovjet utvecklades en särskild typ av SGHWR, en så kallad kanalkokareaktor, RBMK. Den liknar SGHWR-reaktorn men använder grafit som moderator i stället för tungt vatten. Tjernobylnreaktorerna var av denna typ.

- **Gaskylad reaktor.** I England utvecklades tidigt gaskylade reaktorer under namnet Magnox. Det finns 16 sådana på åtta anläggningsplaster i Storbritannien. Tidigare gaskylade reaktorer av Magnox-typ i Spanien och Frankrike har numera ersatts av lättvattenreaktorer. I England vidareutvecklade man Magnox till så kallade Advanced Gas Cooled Reactor, AGR. Det finns 16 sådana reaktorer i dagsläget i Storbritannien. En mer avancerad gaskylad reaktor som ännu inte nått kommersiell mognad är High Temperatur Reactor, HTR. Experimentella sådana reaktorer har byggts i England, USA och Tyskland.

- **Snabb Bridreaktor.** De så kallade snabba bridreaktorerna (Fast Sodium Cooled Reactor) kyls med flytande natrium. På grund av plutoniuminnehållet har dessa haft svårt att få politisk acceptans. Frankrike, England och Ryssland började tidigt bygga bridreaktorer, men har i dag, förutom Ryssland med reaktorn BN 600 lagt ned dessa projekt. BN 600 beräknas tas ur drift 2010. Fortsatt forskning pågår dock i flera länder. Tekniken har visat sig vara svårkontrollerad och i ett läge av god urantillgång som oekonomisk. I Japan talas i dag om år 2050 som den tidigaste kommersiella användning

I världen finns i dag 442 kärnkraftverk. Mer än hälften är tryckvattenreaktorer och knappt en fjärdedel kokvattenreaktorer. Ytterligare cirka 30 reaktorer är under byggnation, framför allt tryckvatten, kokvatten- och CANDU-reaktorer.

Källa: KSU

(<http://www.analysis.se/lankar/karnkraft/Varlden/Olikaprocent20reaktor typer/Reaktortyper.pdf>)

1.1 Rapportens struktur

Vi behandlar i denna rapport den nuvarande och framtida situationen för kärnkraften i tre viktiga asiatiska länder: Indien, Japan och Kina. Andra länder, såsom Sydkorea med 20 reaktorer är givetvis inte ointressanta, men de tre valda länderna är särskilt viktiga eftersom de representerar både de mest snabbväxande samt en av de ledande forskningsnationerna när det gäller kärnkraft. De tre ländernas utgångspunkter är tämligen olika. Japan, å ena sidan, är ett utvecklat industriland med ett sedan länge utvecklat kärnkraftsprogram. Indien har haft ett kärnkraftsprogram sedan 1954, men på grund av ett teknologioch bränsleembargo har kärnkraften hittills inte varit en viktig del i den indiska energiförsörjningen. Kinas civila kärnkraftsprogram har haft en lång startsträcka med startpunkt 1970, men reaktorer i kommersiell drift är ett relativt sentida inslag. De ska enligt kinesiska planer växa kraftigt i antal under kommande årtionden.

Bortsett från skillnaderna är dessa länder ur flera aspekter tätt sammanknutna: Japan är en kärnteknologisk stormakt och dessutom en stor investerare i nukleär infrastruktur i både Indien och Kina. Japan har vidare en viktig roll i klimatpolitiken som världens mest energieffektiva land⁹. Kina och Indien är geopolitiska konkurrenter och är framtida kärnstormakter med snabbt växande inhemsk design och konstruktionskapacitet. Dessutom är båda länderna centrala aktörer i de pågående klimatpolitiska förhandlingarna.

Fokus i rapporten är på framtida utveckling (framför allt i andel av energiproduktion), teknologival (typ av reaktorer, utländsk respektive inhemsk teknologi). Även aspekter som framtida export, säkerhet, forskning och utveckling samt avfallsfrågan berörs.

Rapporten behandlar ingående de tre länderna i separata kapitel, som kan läsas som bilagor till huvudrapporten. Frågor av övergripande jämförande intresse lyfter vi fram i kapitel 2. Dessa frågor innefattar ländernas **expansionsplaner** (och deras genomförbarhet); val av **teknologi** (historiskt och i framtiden); **forskning och utvecklingsåtaganden** (var satsar man, vad har inte fungerat?); **global inverkan** ("Peak Uran" och exportambitioner), hur **grön** är kärnkraften i Asien samt **säkerhet och avfall**.

⁹ ITPS, "Going Energy Efficient – Japanese strivings and efforts", PM2007:005.

2 Jämförande frågeställningar

2.1 Expansionsplaner

Det råder liten tvekan om att det är i Asien som kärnkraften kommer att expandera över den kommande trettioårsperioden: mer än hälften av den planerade kärnkraftsutbyggnaden är planerad till Kina, Indien, Sydkorea och Japan. Kina har den största planerade expansionen i världen. I sitt långsiktiga kärnkraftsprogram från år 2007 söker man öka sin nukleära kapacitet från nuvarande 8,6 GWe till 40 fram till år 2020. Sedan dess har planerna expanderats ytterligare och man talar i dagsläget om 60–70 GWe vid samma årtal. Det ska enligt förhoppningarna motsvara omkring 5–6 procent av den totala energin i landet 2020. Detta är ändå bara en delmängd mot de 130–160 GWe som planeras till 2030. Någon gång in på samma årtionde kommer sannolikt Kina – om planerna genomförs – vara världens största producent av elektricitet från kärnkraft. Indien har liknande men inte lika grandiosa planer att expandera sin nukleära produktion. Fram till 2020 planerar man att öka kapaciteten från dagens 4 GWe till 20 GWe. Efter att kärnbränsle- och teknologiembargot lyftes i september 2008 har man talat om att utöka målen till 30 GWe fram till 2025. Det saknas inte visioner men den stora frågan är hur man ska kunna organisera och finansiera en så kraftig utbyggnad. I Japan finns från ministeriernas sida en klar ambition att öka andelen kärnkraft från 29 procent till 40 procent av elproduktionen; två nya reaktorer är planerade för att tas i bruk och ytterligare tretton är prospekterade. Om politisk och samhällelig acceptans för detta kommer att nås är i dagsläget oklart.

Historien pekar på att Indien får svårt med att utöka sin kärnkraft i den takt man önskar¹⁰. Under 40 år har man endast lyckas bygga upp 4 GWe; nu planerar man fem gånger den kapaciteten på halva tiden. Kärnkraftverk tar tid att bygga och man besitter inte designkapacitet själv för 1 GWe kraftverk utan har beställt dessa från Ryssland. Dessutom krävs det enligt en KPMG-rapport lika stora investeringar i kraftnät – i dag tappar man nära 30 procent i överföring¹¹. En annan flaskhals i utbyggnaden är bränsleförsörjning. I dagsläget kan man producera cirka 200 ton uran per år och dagens reaktorer kräver cirka 500 ton per år¹². En expansion av kraftverken kräver således en kraftig ökning av gruvdriften i Indien och/eller en stor import av uran, vilken måste ske på en världsmarknad med ökad efterfrågan och stigande priser. En stor del av problemen i att driva energiprojekt i Indien härrör sig till en ineffektiv stat¹³. Det som talar för en expansion är att man i dag diskuterar att privatisera kärnkraften i Indien. Privatisering av telekomsektorn under 1990-talet ledde till en exempellös tillväxt inom mobiltelefonin i Indien.

Realismen i Kinas planer är svårt att bedöma. De 40 GWe som nämns i planen för kärnkraft fram till år 2020 bör kunna uppnås mot bakgrund av den senaste tidens uttalanden om nästan en fördubbling av kapaciteten som egentlig målsättning. Bedömningar brukar i kinesisk tradition ligga i underkant av vad man anser möjligt att uppnå. Kina har också en

¹⁰Ramana, M.V., "Nuclear Energy in India: Failed Past and Dubious Future", 2008, se: www.npec-web.org/Essays

¹¹ KPMG, "Indian Energy Conclave: India Energy Inc. – Emerging Opportunities and Challenges", 2007.

¹² Ramana, M.V., "More Missiles than Megawatts", 2008, se: www.spectrum.ieee.org/jul07/5277.

¹³ Jeremy, Carl, et. al., "Energy and India's Foreign Policy", Working paper # 75 Program on Energy and Sustainable Development, 2008, se: http://iis-db.stanford.edu/pubs/22176/PESD_working_paper_75_India_Energy_Policy.pdf

historia av stora nationella tekniska åtaganden. Tidsmässigt näraliggande exempel är Three Gorges Dam och den snabba utbyggnaden av telekom. Det som särskilt talar emot möjligheterna är att kärnkraftsteknologi är en i tiden utdragen process, och man har misslyckats med tidigare storslagna utbyggnadsplaner på kärnkraftsområdet. En annan bromsande faktor är att säkerhetsaspekter har fått ökad betydelse.

2.2 Inhemsk utveckling kontra teknologihandel

Redan på 1970-talet, när beslutet att Kina skulle utveckla ett civilt kärnkraftsprogram fattades, var en målsättning att man ska kunna designa och bygga reaktorerna på egen hand. Ända fram till i dag har det dock pågått diskussioner om vilken roll utländsk teknologi ska ha, då den har setts som säkrare och mer avancerad. Historiskt har kärnkraftsteknologi huvudsakligen importerats till Kina från Frankrike, Kanada och Ryssland. Det har under senare år också kompletterats med teknologiimport från USA. Med rådande planer för expansion och den höga teknologinivå som Kina önskar, anses det inte möjligt att kunna genomföra programmet enbart med hjälp av inhemsk kompetens och produktionskapacitet, utan man måste, något ovilligt, förlita sig på utländska inköp. Att hög säkerhetsnivå tillhör de prioriterade områdena driver dessutom också besluten mot ökad import. I dagsläget har Kina en designkapacitet på 0,3 samt 0,6 GW:s tryckvattenreaktorer (PWR). Kina kan också designa större delen av 1,0 GW tryckvattenreaktorer. När det gäller produktion av utrustning kan Kina självständigt tillverka över 80 procent (utifrån kostnad) av utrustningen för 0,3 GW (PWR) och över 70 procent av 0,6 MW (PWR). Fram till 2020 siktar Kina på att kunna designa, producera, bygga och driva 1,0 GW:s reaktorer. Landet förefaller ha exportambitioner, men information om dessa är i dagsläget svåråtkomlig. Klart är dock att man har och avser att fortsätta exportera kärnkraftsteknologi till Pakistan. Sannolikt är inte kinesisk kärnkraftsexport primärt en ekonomisk fråga, utan handlar mer om Kinas bilaterala relationer och strategisk-politiska överväganden.

Indiska kärnprogrammet var från början väldigt beroende av utländsk expertis. Den första indiska reaktorn använde brittisk teknologi, och Kanada skänkte den första forskningsreaktorn (CIRUS) till Indien. Den första ”snabb brider” testreaktorn byggdes baserad på den franska Rapsodie bridmodellen. Efter 1974, när Indien provsprängde sin första atombomb och Nuclear Suppliers Group skapades för att kunna stoppa handeln med kärnkraftsteknologi och bränsle med Indien, blev landet mer eller mindre isolerat fram till september 2008. Bortsett från viss handel med Ryssland var man tvungna att driva sitt eget program innefattande allting från gruvor till reaktorkonstruktion och avfallshantering. När handelsembargot till slut lyftes har det höjts röster emot att gå ifrån självförsörjningsfilosofin, men dessa röster verkar inte ha något stöd från regeringen som redan veckan efter embargot lyftes var i förhandlingar med USA och Frankrike om att köpa reaktorer. Den långa isolationen har drivit fram en kärnkraftsindustri inom Indien som i vissa delar kan vara internationellt konkurrenskraftig. Man har designkapacitet för mediumstora reaktorer (0,5 GWe) och ingenjörsföretag såsom Larsen & Toubro (L & T) har utvecklat kapacitet att bygga reaktorer. Indiska staten har inte uttalat några exportmål, snarare har man traditionellt uppvisat en återhållsamhet i spridningen av kärnkraft. Privata sektorn visar dock framfötterna och i juli 2008 meddelandes planer för att bilda ett 463 miljoner USD venture med Nuclear Power Corporation of India Limited – (NPCIL) för både hemma och exportmarknaden. L & T har försörjt komponenter till 17 av Indiens tryckvattenreaktorer (PHWRs) och har även säkrat kontrakt för 80 procent av komponenterna för snabb bridreaktor på Kalpakkam. De är kvalificerade av American Society of

Mechanical Engineers för tillverkning tryckkärl och dess bärande strukturer av kärnvapenklass.

I Japan har man initialt under 1970-talen importerat utländsk teknik (huvudsakligen amerikansk) men är i dagsläget såväl självförsörjande som en av de största exportörerna av kärnteknik. Japanska Toshiba köp av Westinghouse kan ses som ett sätt för japansk industri att komma in på den kinesiska marknaden. Intressant nog har Toshiba köp av Westinghouse även inneburit att den svenska tidigare kärnkraftstillverkaren Asea, sedermera ABB Atom därefter Westinghouse Electric Company, numera är i japansk ägo. Värt att notera är även Japan Steel Works som i stort sett (förutom Ryssland) har monopol på tillverkning av tryckreaktorkärl.¹⁴ Vad gäller Japans mer avancerade program såsom uppbyggnad, MOX-bränslefabrik och snabb bredreaktorteknik, så är Mitsubishi Heavy Industries allians med franska Areva värd att notera, eftersom Japan på så sätt kan dra nytta av franska erfarenheter kring bredreaktorer.

2.3 Bränsletillgång

En öppen fråga är hur världsmarknaden för uran kommer att utvecklas med den starka tillväxt som planeras. Under senare tid har också världsmarknadspriset på uran stigit kraftigt.¹⁵

Kina har på kort sikt egentligen tillräckligt med eget uran. Tillgångarna räknas dock som låggradiga och produktionen har dessutom varit ineffektiv. I dagsläget importerar man hälften av det bränsle man behöver, framför allt från Kazakstan, Ryssland, Australien och Namibia. Även i framtiden finns det ett flertal andra länder aktuella att importera bränsle från. Flera av råvaruleverantörerna har tillkommit som del av avtalen med de utländska reaktorteknologileverantörerna. Sammantaget litar Kina i allt högre utsträckning på import av uran som bränsle för kärnkraftsprogrammet.

Japan importerar allt sitt uran, och gör en massiv satsning på återvinning via MOX-bränsle som ett sätt att minska uranberoendet. MOX-programmet har hög prioritet i Japan.

Indien har vissa låggradiga reserver av uran men man har inte tillräcklig produktionskapacitet för att driva dagens reaktorer utan behöver importera ungefär hälften av de 500 ton uran som behövs årligen. Man har försökt utveckla gruvdriften men det har gått långsamt på grund av ineffektivitet. Malmen finns i socialt oroliga områden och nya gruvor har mött stundtals hårt lokalt motstånd. För framtiden satsar Indien på att få igång en toriumcykel, vilket skulle göra Indien mer eller mindre självförsörjande på kärnbränsle.

Med den stora planerade globala kapacitetsexpansionen kommer världsmarknaden för uran att hårdna och vissa bedömare talar om *Peak Uran*, en ekonomisk högstnivå för uran, som förväntas uppnås vid 2040. Detta scenario baseras dock på de mer återhållsamma projektionerna från World Energy Organization (WEO) som spår en total global **minskning** av kärnkraften i världens energimix. Om EU:s WETO 50 scenario används ser situationen sämre ut för den framtida tillgången på uran. Risken för globalt minskande tillgång på uran gör bränsletillgång till en avgörande faktor för det långsiktiga intresset för kärnkraft. Det är därför mycket viktigt med en fungerande bränslecykel med snabba

¹⁴ *The Times*, 2008-03-17.

¹⁵ *International Herald Tribune*, 2006-03-12.

bridreaktorer FBRs i kombination med konventionella reaktorer.¹⁶ På så sätt förlängs tillgången på kärnbränsle bortom 2100 till ytterligare mellan 300 till 1 000 år.

2.4 Forskning och utveckling

Indien och Japan har forskat kring snabba bridreaktorer, och Japans kärnkraftsteknik ligger i forskningens frontlinje med forskning kring kommande generationers reaktorer, bridreaktorprogram, transmutationsforskning och fusionsforskning samt ett bränslecykelprogram. Både Indien och Kina har civila forskningsprogram som antas vara nära länkade med de militära. Ursprungligen var all kinesisk forskning om kärnkraft militär. Det finns knappa uppgifter om forskningen i landet, sannolikt på grund av frågans strategiska känslighet. I slutet av oktober 2008 grundades dock ett forskningscentrum vid Tsinghua University. Syftet är att understödja framtagandet av en inhemsk tredje generationens tryckvattenreaktor (PWR). Kina stöttar också särskilt forskning kring att mer effektivt kunna utnyttja uran och möjligen även torium.

Indien inrättade redan 1958 Bhabha Atomic Research Center (BARC) där en rad forskningsreaktorer byggts: APSARA (1 MW, verksam från 1956) var den första forskningsreaktorn i Asien. BARC är också ansvarigt för övergången till torium-baserade system och i synnerhet att utveckla 300 MWe AHWR. Enligt flertalet bedömare har man dock inte lyckats med att visa dess funktionalitet, och Indien tros ha minst tjugo till trettio år kvar till kommersiellt gångbara toriumreaktorer. Två civila forskningsreaktorer vid Indira Gandhi Centrum för Atom-Forskning vid Kalpakkam förbereds för etapp två av toriumcykeln. Under 2005 lyckades man sluta toriumbränslecykeln – vilket man hävdar är den första gången i världen.

2.5 Säkerhet

Länderna skiljer sig mycket åt i termer av säkerhet. Japan har en öppen redovisning av tillbud och olyckor. Indien och Kina däremot har ingen offentlig statistik kring tillbud och olyckor. Enligt det internationella atomenergiorganet IAEA, ska alla olyckor över viss allvarlighetsgrad rapporteras till dem, men Indien har hittills inte haft alla sina reaktorer under IAEA tillsyn.

Kinesiska myndigheter har sedan tidigare dåligt rykte vad gäller säkerhetsfrågor generellt. I takt med stigande kinesisk oro för den bristande säkerheten, inte minst inom kärnkraftsområdet, har dock säkerhetsaspekterna fått allt större betydelse. Samtidigt är det svårt att få information om säkerhetsarbetet. I Kina finns åtminstone ett par kända tillbud: år 1998 ska en incident ha inträffat i Qinshan 1 (100 km söder om Shanghai). Olyckan ska ha påverkat driften i mer än ett år.¹⁷ En brand ska ha brutit ut vid kärnkraftverket i Tianwan i slutet av augusti 2008 och tvingade den rysktillverkade reaktor 1 att stänga. Kinesiska myndigheter rapporterade incidenten som ringa och att ingen radioaktivitet ska ha läckt ut.¹⁸

¹⁶ Uran består till 99,3 procent av Uran-238 och till 0,7 procent av Uran-235, vilka är olika isotoper (atomkärnan ser lite olika ut) av samma ämne. I en vanlig reaktor är endast Uran-235 klyvbart. Vid klyvningen bildas även till viss del Plutonium-239, som i sig är klyvbart, och till största delen bränns i reaktorn. I MOX-bränsle återvinns plutonium och blandas in i bränslet. I en snabb bridreaktor kan man använda Uran-238 som bränsle, och man får en betydligt större uranreserv att tillgå.

¹⁷ <http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/386285.stm>

¹⁸ <http://www.sinodefence.com/nuclear/report/report20sept08.asp>

I Indien har förekommit flera kända tillbud: reaktorbränder 1985 och 1991 samt en turbinbrand 1993 där endast tillrådiga operatörer hindrade en härdsmläta. Man har även haft incidenter där tungt vatten läckt ut (1999 och 2003) och ett okänt antal arbetare skadats av radioaktivitet.¹⁹

I Japan har ett antal olyckor och tillbud den senaste tioårsperioden lett till att takten i kärnkraftsutbyggnaden avtagit. Det har även skapat tvivel kring säkerheten och väckt frågan om hur pålitlig kärnkraften är i ett jordbävningsdrabbat land som Japan. Detta beskrivs i mer detalj senare i rapporten.

2.6 Avfallshantering

Alla tre länderna avser att använda sig av uppberbetning och på lång sikt återföra långlivat avfall som bränsle i snabba reaktorer. Japan har konstruerat en större industriell uppberbetningsanläggning, som beräknas tas i kommersiell drift 2010. Både Indien och Kina har mindre uppberbetningsanläggningar.

Det finns ingen offentlig diskussion i Indien kring platser eller system för slutförvaring av avfall. I Beishan Mountain håller Kina på att bygga en anläggning för långtidsdeponering av kärnavfall. Avfallshantering förefaller vara eftersläpande i den kinesiska kärnkraftsexpansionen. Troligen kommer Kina och Indien i framtiden i hög utsträckning behöva utländsk kompetens när det gäller att skapa en mer industrialiserad behandlingsprocess för radioaktivt avfall, liksom sannolikt också för andra aspekter av avfallshanteringen. Japan har mest forskning kring slutförvaring av kärnavfallet av de tre länderna, dock utan att ha en plats slutgiltigt utsedd.

2.7 Anses kärnkraft grön i Asien?

I Indien finns det inget organiserat motstånd till kärnkraft. När civil kärnkraft diskuteras är det som en positiv miljöåtgärd – man minskar fossil förbränning och ”räddar planeten”. I och med att kärnkraften kraftigt lyfts fram i media under 2008 kommer sannolikt en viss diskussion att påbörjas bland non governmental organizations (NGOs). I Kina är situationen snarlik med tillägget att diskussionerna om kärnkraft har små möjligheter att föras i det offentliga rummet. I Japan pratas i de officiella strategidokumenterna om ”renewables AND nuclear” och kärnkraft ses som en viktig (för Japan nödvändig) komponent för att nå klimatmålen.

2.8 Slutsatser

I Kina och Indien förväntas en omfattande expansion av kärnkraften under kommande årtionden men det är osäkert hur realistiska de storslagna planerna är. Även om planerna inte förverkligas fullt ut kommer kärnkraft inom några årtionden spela en betydligt större roll i dessa länders energimix än vad den gjort hittills. För Japans del är utbyggnaden inte lika omfattande, men detta ska också ses utifrån att landet sedan tidigare byggt ut sin kärnkraft. I stället är inhemskt fokus snarast på teknisk utveckling: nästa generations reaktorer och en sluten bränslecykel (slutförvaring).

¹⁹ Ramana, M.V., "Indian Nuclear: Failed Past and Dubious Future", 2008; se även: http://news.bbc.co.uk/2/hi/south_asia/3123249

2.8.1 Ett tillväxtpolitiskt perspektiv

Vilka tillväxtpolitiska konsekvenser kommer en kraftig utbyggnad av kärnkraften få? Frågan är komplex och svårbesvarad. För Asien, i det korta perspektivet, väntar stora kapitalinvesteringar vilket innebär en enorm tillväxt för den globala marknaden för kärn- och kringteknologier. För Indien och Kina kommer dessa investeringar inte att löna sig förrän på sikt, men där kraftunderskott hotar, innebär kärnkraftens eventuella utbyggnad långsiktigt säkrare tillgång till elektricitet vilket är gynnsamt för såväl industri som invånarnas levnadsstandard.

En viktigare fråga för svenskt vidkommande är hur den kommande förflyttningen av tyngdpunkten i en högteknologisk industrisektor kommer att inverka på hela högteknologisektorns utformning. Kärnkraft är inte en öppen marknad på samma sätt som andra teknikområden utan kringgärdas av marknadsbegränsningar ofta kopplade till nationell säkerhet. Kärnkraftsindustrin domineras vidare av ett fåtal västerländska storföretag, samtliga nu i allianser med japanska företag som vuxit sig starka på att bygga upp dagens reaktorpark. När tillväxtgeografin ändras kommer vi att få se andra aktörer, och det finns redan utmanare i bland annat Indien som ser framtiden med tillförsikt. Många högteknologiska företag i världen ser med stor tillförsikt framemot en förväntad expanderande global marknad inom kärnkraftsområdet. Några svenska företag, exempelvis Alfa Laval,²⁰ har också tagit del av denna expertis. Vidare borde en utbyggnad medföra en kraftig tillväxt inom branscherna för säkerhets-, drifts- och avfallslösningar för kärnkraft, områden inom vilket det finns ett antal svenska företag.

Om den förväntade expansionen inträffar kan den ha flera effekter. En är att den internationella expertis som finns på området i dag kommer att vara bunden vid den asiatiska uppbyggnaden under lång tid. Det innebär att andra mindre länder som vill bygga upp eller bygga ut kärnkraften kommer att ha svårt att få tillgång till nödvändig kompetens.

2.8.2 Klimatet

Från ett klimatpolitiskt perspektiv är konsekvenserna av en utbyggnad svårare att överblicka. Vilken samlad betydelse kommer kärnkraftsexpansionen i länder som Indien och Kina (liksom andra länder) att få? Å ena sidan ska den ses som alternativ till fossil förbränning och ersättare av stora mängder kol, vilket innebär minskade utsläpp av klimatpåverkande koldioxid i atmosfären²¹. Ur ett asiatiskt perspektiv är det tydligt att kärnkraft uppfattas som en ”grön teknologi” som leder bort från det nedsmutsande kolet. Å andra sidan kommer, för överskådlig framtid, fossil förbränning ändå att stå för merparten av energiproduktionen i de stora, växande asiatiska ekonomierna och mycket lite är i dag känt om hur avfallshanteringen kommer att gå till. Utifrån ett perspektiv av begränsad finansiering, kan det ifrågasättas om en satsning på kärnkraft är mer effektiv än satsningar på energibesparingar och förnyelsebara energikällor, i synnerhet med tanke på att uran och annat kärnbränsle kommer att bli en bristvara i framtiden, med stigande priser som följd.²²

²⁰ <http://sydsvenskan.se/lund/article383370/Alfa-Laval-surfar-pa-kinesisk-karnkraftsvag.html>

²¹ ITPS, ”Konsten att nå både klimatmål och god tillväxt – Underlag till en klimatstrategi för EU”, A2008:008, 2008.

²² Lovins, Amory B. et al, ”Forget Nuclear”, 2008, se: <http://www.rmi.org/sitepages/pid467.php>

2.8.3 Säkerhet

Expansionen väcker frågetecken kring säkerheten. I det aktuella området förekommer jordbävningar och vid kustområdet finns även risker för tsunamis. I Japan har det förekommit olyckor med förluster av människoliv, liksom fall där kraftbolagen dolt brister och fel hos reaktorer. I Kina såväl som Indien är säkerhetsaspekter dessutom ett traditionellt negligerat område. Dessutom är kärnkraftverk ett högriskmål för terroristattacker.

En intressant fråga är kompetensförsörjningen och transparensen kring säkerhetsfrågor. Som påpekats i rapporten finns brister i dessa i särskilt Kina och Indien. Man kan också förutse ökade globala spänningar i takt med att efterfrågan på brytbart kärnbränsle stiger, där uran och torium kommer överta delar av oljans och naturgasens strategiska roller i det globala energispelet. Även med de mer konservativa projektionerna av kärnkraftstillväxten som WEO har, räknar man med Peak Uran redan 2040. I ljuset av att kärnkraften förväntas fördubblas, med en tyngdvikt i Asien, är det en viktig global fråga att börja arbeta för ökad transparens och säkerhetstänkande i dessa nationer.

Kopplingen mellan civil kärnkraft och kärnvapen är inte heller okontroversiell²³. Indien och Kina är bägge kärnvapenmakter. Japan är aktiv motståndare till kärnvapen och har via sitt samarbete med USA skydd av det amerikanska "kärnvapenparaplyet" (*Treaty of Mutual Cooperation and Security between the United States and Japan*, 1960). Även om Japan i princip har teknologiska förutsättningar för att snabbt skaffa sig nukleär kapacitet, så vore det politiskt oklokt²⁴.

2.8.4 Sammanfattning

Om de föreslagna utbyggnaderna i de studerade länderna, jämte annan kärnkraftsbyggnation som diskuteras i Asien och andra länder, verkligen genomförs, står världen inför en ny era av global kärnkraftsexpansion liknande den som skedde under 1970- och 80-talen. En sådan utbyggnad får stora politiska, säkerhetsmässiga och ekonomiska följder, vilket också kommer att påverka Sverige. Vi vill dock understryka att, inte minst i Kina och Indien går det i nuläget enbart att spekulera i hur mycket av den planerade utbyggnaden som kommer att förverkligas. Tidigare expansionsplaner har inte förverkligats eller så har de skjutits på framtiden. Trots allt, om enbart en mindre del av de studerade ländernas utbyggnadsplaner förverkligas, står det klart att fokus för kärnkraftsindustrin kommer att flyttas österut i världen under de kommande årtiondena.

²³ Azar, Christian, "Sambandet mellan vapen och kärnkraft", FOI Framsyn, se: http://www.foi.se/FOI/templates/Page_____484.aspx; Raman, R.V., *More Missiles than Megawatts IEEE Spectrum*, se http://www.geocities.com/m_v_ramana/nuclear.html

²⁴ Ogawa, Shinichi, "A Nuclear Japan Revisited", *The National Institute for Defense Studies New*, April 2003 (No. 64).

3 Indien

3.1 Kärnkraft i Indien: från självständighetsdröm till vardagsenergi

Kärnkraften var från början en del av Indiens första premiärminister Nehrus strävan mot ett självständigt Indien; när atomenergimyndigheten skapades 1954 var Nehru övertygad om att atomenergi var tidens ångkraftsrevolution vilken man inte ville missa. Drygt femtio år senare är kärnkraften åter en nationell angelägenhet, men denna gång som en strikt nödvändighet för att kunna säkerställa energiproduktion till en snabbt växande ekonomi.

Efterfrågan på el i Indien har ökat snabbt och trots en fördubbling av produktionen mellan 1990 och 2002 förväntas efterfrågan per capita tredubblas till 2020. Man har haft civil kärnkraft sedan 1969, vilken levererade blygsamma 15,8 miljarder kWh (2,5 procent) av Indiens el under 2007. Kärnkraft, som i dagens indiska debatt framhålls som Indiens energiframtid, förväntas inte motsvara mer än 5–6 procent av den totala framtida energiförsörjningen; dock räknar man med att den ska stå för nära 25 procent av elförsörjningen år 2050²⁵. Trots kärnkraftens relativt begränsade andel av Indiens energi mix är den politiskt viktig. Indiens prekära energisituation – man har i dag ett peak demand underskott på nära 20 procent – innebär att alla tillgängliga sätt att generera kraft är väsentliga för den ekonomiska tillväxten. Indien är i dag världens femte största energikonsument med en energiförbrukning som beräknas fyrdubblas fram till 2030, under antagande om nuvarande tillväxttakt. I dag är man beroende av kol för 69 procent av elproduktionen men de inhemska kolreserverna är begränsade och väntas ta slut 2045²⁶. Vattenkraft är en annan viktig energikälla som inte är tillfullo utbyggd. Utbyggnad pågår men dammar är tekniskt och socialt problematiska på grund av jordbävningrisker och internationella vattendelningsavtal med Kina och Nepal. Klimatförändringar hotar även den framtida vattenförsörjningen.²⁷ Indiska myndigheter räknar med att vattenkraft kommer att motsvara cirka fem procent av Indiens totala energiförsörjning till 2030. Vind och solenergi beräknas, trots stora utlovade satsningar, inte realistiskt att stå för mer än en procent av den totala energiförsörjningen²⁸.

Förutom att man är ”därtill nödd och tvungen” argumenterar man att kärnkraft är en ”grön” teknik i meningen att den avhjälper klimathotet genom att minska fossila förbränningen. Detta var ett av de centrala argumenten som både Frankrike och USA använde i de internationella förhandlingarna om ett undantag för Indien i Nuclear Suppliers Group (NSG). Än viktigare, från ett indiskt perspektiv, är att man genom planer om en torium bränslecykel hoppas etablera en energikälla utan importberoende.²⁹ Department of Atomic Energy (DEA) och indiska regeringen satte 2004 målet att ha 20 GWe från kärnkraft år 2020. Målet har sedermera reviderats uppåt, som när 2007 statsministern hänvisade till detta som ”måttligt” och med möjlighet att ”fördubblades i och med öppnandet av den internationella samarbete. Amerikanska Energy Information Administration (EIA) delar

²⁵ GoI 2008, “A Strategy for Growth of Electrical Energy in India”, Department of Atomic Energy (<http://www.dae.gov.in/publ/doc10/index.htm>).

²⁶ GoI 2005, *Draft Report on the Expert Committee on Integrated Energy Policy. Planning Commission, Government of India.*

²⁷ GoI 2008, “National Action Plan for Climate Change” – Technical Appendix.

²⁸ GoI 2005, *Draft Report on the Expert Committee on Integrated Energy Policy. Planning Commission, Government of India.*

²⁹ Indien importerar i dag cirka 70 procent av sin olja och nära 30 procent av det totala energibränslet.

inte denna optimistiska uppfattning och använder 14 GWe i sitt indiska referensfall för 2020 i sin *International Energy Outlook 2008*³⁰.

Det finns en lång tradition av ouppnådda mål i det indiska kärnkraftsprogrammet. Redan 1954, när man etablerade Department of Atomic Energy, planerade man att ha 8 GWe installerat 1980; 1962 hade man expanderat planerna till 25 GWe till 1987, och 1969 var planen att ha 43 GWe installerat år 2000. Utfallet blev i stället att man hade 0,6 GWe installerat 1987 och 2,7 GWe år 2000. Man förklarade tillkortakommandet med teknik-, bränsle- och handelsembargot³¹ som varit i kraft sedan 1974 under vilket Indien inte tilläts handla med kärnkraft. Handelsembargot är borta sedan september 2008 men Indiens planerade expansion ska ändå ses med viss skepticism, inte minst mot den finansiella krisen som gjort det svårare att låna till stora infrastrukturella projekt. Indiska staten har dåligt rykte när det gäller genomförandet av stora infrastrukturella satsningar – till exempel har man hittills underskridit målet för installerade kraftledningar under 2007/2008 med hela 80 procent. Det som sannolikt skulle kunna ändra förutsättningarna är om man genomför en privatisering av kärnkraften, vilket man nu talar om. Indiska telekomsektorn, vilken var ohjälpligt underutvecklad under ett statligt monopol, genomgick på kort tid en total förändring och är i dag en av de största mobiltelefonimarknaderna med de billigaste priserna i världen efter att man avreglerade och privatiserade marknaden under 1990-talet. Man kommer inte heller att uppnå målet på 20 GWe med inhemskt bränsle och man räknar med en betydande import av uran. För att förverkliga kraftutbyggnaden krävs nästan lika mycket investeringar i elnätet som i kraftverk. KPMG uppskattar i en rapport från 2007³² att Indien måste investera 120–150 miljarder USD i överförings- och distributionsinfrastruktur under de kommande åren.

3.2 Undantaget från NSG: nystart för gammal industri

Efter Indiens första provsprängning 1974 isolerades landet från världshandeln genom att man skapade en grupp som kontrollerade handeln med kärnteknologi och bränsle – Nuclear Suppliers Group. Handelsembargot kringgicks till viss del av Ryssland genom att hänvisa till redan ingångna avtal, men under 1990-talet slutade även Ryssland att handla med Indien. Embargot har drivit fram ett helt inhemskt indiskt kärnkraftsprogram – både i fråga om teknologiutveckling och bränsleförsörjning. I september 2008 kom man överrens i NSG om ett undantag som ett erkännande av Indiens oklanderliga icke-spridningsreferenser. Uppgårelsen var beroende av ett avtal med USA (1-2-3 avtalet) vilket var politiskt väldigt kontroversiellt i Indien. Efter förseningar i Indiens parlament, med bland annat ett misstroendevotum mot regeringen, lyckades man få igenom ett godkännande av indiska parlamentet. Motståndarna inom Indien hävdar att regeringen sålde landets rätt till självbestämmande genom att i praktiken lova ett stopp för provsprängningar. Samtidigt räknas avtalet med USA och att få NSG att undanta Indien från de vanliga reglerna som premiärminister Singhs allra största interna och internationella politiska seger. I början av oktober antog amerikanska kongressen en lag som tillåter civil kärnkraftshandel med Indien, och ett avtal om kärnkraftshandel med Frankrike slöts snart därefter. Detta innebar slutet på en 34 år lång isolering och fick både börsen och utländska kärnkraftsbolag att ta glädjeskutt.

³⁰ www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/negen.html.

³¹ M V Ramana "Nuclear Power in India: Failed Past, Dubious Future" available at www.npec-web.org/Essays/Ramana-NuclearPowerInIndia.pdf

³² KPMG rapport om indisk energi.

Den indiska marknaden för kärnkraft uppskattas till flertalet miljarder USD. Från regeringens sida verkar det främst handla om en möjlighet att åtgärda sin prekära energisituation. Atomenergiorganet (DAE) sade i juli 2008 att det stora el-underskott som beräknas till 2050 kan överbryggas om 40-GWe kapacitet tryckvattenreaktorer och uran till bränsle importerades under 2012–20. Vikten av energiförsörjningsfrågan exemplifieras av att en sådan strategi skulle åsidosätta den tidigare etablerade inhemska 3-fas toriumbaserade strategin som bygger på självförsörjningsprincipen. Detta har inte mottagits odelat positivt av det inhemska kärnkraftsetablissemangen där de flesta har investerat sina karriärer i torium projektet (mer om detta nedan).

Regeringen har även aviserat att man avser att ändra lagen så att privata företag får verka i kärnkraftsgenerering och eventuellt andra i delar av bränslecykeln. I avvaktan på detta rapporteras Reliance Power Ltd, GVK Power & Infrastructure Ltd och GMR Energy Ltd vara i diskussion med kärnkraftsleverantörer inklusive Areva, GE-Hitachi, Westinghouse och AtomStroyExport.

3.3 En ny indisk exportvara?

Indiens största ingenjörföretag, Larsen & Toubro (L & T) meddelade i juli 2008 att den tänker bryta sig in på de internationella marknaderna för leverans av tunga tekniska komponenter till kärnreaktorer. De planerar att bilda ett 20 miljarder INR (463 miljoner USD) samarbetsföretag med Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL) för både hemma- och exportmarknad. L & T har försörjt komponenter till 17 av Indiens trycktungvatten reaktorer (PHWRs) och har även säkrat kontrakt för 80 procent av komponenterna för snabb bridreaktor på Kalpakkam. De är kvalificerade av American Society of Mechanical Engineers för tillverkning av tryckkärl och dess bärande strukturer av kärnvapenklass.

3.4 Kärnkraftsindustrins utveckling

Efter självständigheten skapade Indien år 1948 the Atomic Energy Act, vilket förstatligade allting som har att göra med kärnkraft. Det indiska atomenergiorganet upprättades 1957 och döptes 1967 till Bhaba Atomic Research Center (BARC) efter atomprogrammets grundare Homi Jehangir Bhaba. Strategin för det civila kärnkraftsprogrammet var initialt fullständig självständighet i kärnbränslecykeln, men teknologi söktes utifrån. Mellan 1954 och 1974 utbildades 1 100 indiska kärnfysiker i USA, och över 250 i Kanada. Den första indiska reaktorn använde brittisk teknologi, och Kanada skänkte den första forskningsreaktorn (CIRUS) till Indien. Den första snabb brider test reaktorn byggdes baserad på den franska Rapsodie bridmodellen. Efter provsprängningen 1974 var landet mer eller mindre isolerat fram till september 2008.

Redan från atomprogrammets början 1954 har Indien satsat på en tre-fas torium strategi för att nå självförsörjning i kärnbränsle till 2030. I en första fas skulle man etablera tungvattensreaktorer som använder naturligt uran och processar avfallet till plutonium, vilket man kan återanvända som bränsle. Andra och tredje faserna skulle innebära utveckling av snabb bridreaktorer som kan använda torium. Dagens 15 reaktorer, liksom de flesta som är under konstruktion är fas 1 reaktorer – tryck tungvattensreaktorer. Man kör sedan 1985 en test snabb bridreaktor i södra Indien och 2004 påbörjade man, efter 20 års förberedelser, konstruktion av landets första kommersiella snabb bridreaktor, vilken beräknas sättas igång 2010. Torium programmet har kritiserats inom landet för att vara dyrt, oprövat och osäkert, men hoppet om att kunna utveckla en energikälla som är självförsörjande (Indien har 25–30 procent av världens torium reserver) har drivit fram projektet.

Indien har varit självförsörjande genom hela produktionskedjan; från uranprospektering och gruvdrift till bränsletillverkning, produktion av tungt vatten, design och konstruktion, till återvinning och avfallshantering. En första högtryckstungvattensreaktor (Pressurised Heavy Water Reactor, PHWR) slutfördes 1964 – Rawatbhata-1 med Kanadas Douglas Point reaktor som referensenhet. Prototypen byggdes genom ett samarbete mellan Atomic Energy of Canada Ltd och det statliga indiska kärnkraftsbolaget Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL). Rawatbhata – 1 togs i bruk 1972 och stod som modell för flera andra reaktorer. Senare inhemsk PHWR utveckling har baserats på dessa enheter. Man har i dag 15 små och två medelstora kärnkraftsreaktorer i kommersiell drift, och sex är under konstruktion – inklusive två stora och en snabb bredreaktor.

Tabell 3-1 Indiens verksamma kärnkraftsreaktorer.³³

Reaktor	Typ	GWe netto, varje	Beräknad kommersiell drift
Tarapur 1, 2	BWR	0,15	1969
Kaiga 1, 2	PHWR	0,202	1999–2000
Kaiga 3	PHWR	0,202	2007
Kakrapar 1, 2	PHWR	0,202	1993–95
Kalpakkam 1, 2	PHWR	0,202	1984–86
Narora 1, 2	PHWR	0,202	1991–92
Rawatbhata 1	PHWR	0,09	1973
Rawatbhata 2	PHWR	0,187	1981
Rawatbhata 3, 4	PHWR	0,202	1999–2000
Tarapur 3, 4	PHWR	0,490	2006, 05
Totalt (17)		3,779 GWe	

Not: Kalpakkam även känd som Madras / Chennai
Rawatbhata även känd som Rajasthan / RAPS

3.5 Reaktorparken

3.5.1 Tidiga projekt

Två kokvattenreaktorer i Tarapur (150 MWe BWR) byggdes av GE som nyckelfärdiga anläggningar före handelsembargot. Dessa har använt importerat uran under internationella atomenergiorganets (IAEA) säkerhetsgarantier. Under 2004 gav Ryssland efter för påtryckningar från Nuclear Suppliers Group (NSG) och ströp sina leveranser av uran. Reaktorerna genomgick sex månader renovering under 2005/06, och i mars 2006 kom man överrens i Ryssland om att återuppta bränsletillförseln. Två små kanadensiska (CANDU) PHWR:s (Rawatbhata 1, 2) startade 1972 och 1980, och är också under skyddsåtgärder. Rawatbhata 3 och 4 (på 220 och 202 MWe vardera) är inhemskt konstruerade och tillverkade av NPCIL och bygger på kanadensisk design.

³³ Källa: <http://www.dae.gov.in>

3.5.2 Nyare satsningar

Den nya Tarapur 3, 4 serien av 540 MWe (brutto, 490 MWe netto) kärnreaktorer är inhemskt utvecklade från 220 MWe modell PHWR och har byggts av NPCIL. Tarapur 4 startade i mars 2005, anslöts till nätet i juni och togs i kommersiell drift i september. Tiden från första byggstenen till kommersiell drift var fem år.

Ryssland levererar landets första stora kärnkraftverk med två VVER-1000 (V-392 – RBMK eller kanalkokareaktor) under ett rysk-finansierat projekt på 3 miljarder USD. Till skillnad från andra AtomStroyExport-projekt är den ryska personella insatsen begränsad till cirka 80 personer. Ryssland tillhandahåller allt anrikat bränsle men Indien kommer att upparbeta det och behålla plutoniumet. Efter initiala förseningar beräknas den första enheten tas i drift i slutet av 2008, och den andra enheten under 2009. En 500 MW prototyp snabb bldreaktor (FBR) är under uppbyggnad vid Kalpakkam av BHAVINI, ett statligt företag inrättas för att fokusera på FBRs (se även toriumcykel avsnitt nedan).

IAEA administrerar säkerhetsföreskrifterna för att säkerställa en separation mellan civila och militära syften för ytterligare åtta reaktorer (utöver Tarapur 1 & 2, Rawatbhata 1 & 2, och Kudankulam 1 & 2): Rawatbhata 3 & 4 2010, Rawatbhata 5 & 6 senast 2008, Kakrapar 1 & 2 från 2012 och Narora 1 & 2 från 2014.

Tabell 3-2 Indiens kärnreaktorer under konstruktion.

Reaktor	Typ	GWe netto, varje	Projektstyrning	Beräknad kommersiell drift
Kaiga 4	PHWR	0,202	NPCIL	slutet av 2008
Rawatbhata 5, 6	PHWR	0,202	NPCIL	slutet av 2008, 3/09
Kudankulam 1, 2		0,950	NPCIL	
Kalpakkam PFBR	FBR	0,470	Bhavini	2010
Totalt (6)		2,976		

Not: Rawatbhata även känd som Rajasthan / RAPS.

På grund av bränslebrist kördes Indiens kärnkraftverk under år 2008 på halv kapacitet. Om inte kärnkraftsavtalet undertecknats hade den svåra situationen fortsatt under flera år men nu hoppas man på möjligheten att importera bränsle. När Rysslands president besökte Indien i december 2008 skrev man under ett avtal under vilket Indien köper 2 000 ton uran från Ryssland³⁴. Man har även under 2008 lyckats sätta i drift en uranfabrik i Jharkhand (delstat i östra Indien) men politisk opposition har försenat nya gruvor i Jharkhand, Meghalaya och Andhra Pradesh³⁵.

De nya ryska PWR reaktorerna är avsteg, för att snabba på elproduktionen, från Indiens tre-steg plan för kärnkraft. Indien planerar åtta 1 GWe enheter vid Kudankulam och i januari 2007 tecknade man ett samarbetsavtal Ryssland för att bygga fyra till. Mellan 2010 och 2020 väntas man fatta beslut om ytterligare kapacitetsutbyggnad till en total bruttokapacitet på 21 GWe.

³⁴ *The Hindu*, December 6, 2008 "Mega Uranium Deal with Russia".
<http://www.hindu.com/2008/12/06/stories/2008120656511200.htm>

³⁵ Se BBC artikel "Tribes dig in to fight uran". http://news.bbc.co.uk/2/hi/south_asia/3000991.stm

3.5.3 Utvecklingen efter NSG-avtalet 2008

Efter man fått klart med undantaget från NSG i september 2008 har man utökat sina expansionsplaner kraftigt. Under 2005 godkände man planer för åtta nya reaktorer på fyra platser: Kakrapar, Rawatbhata, Kudankulam och Jaitapur (Jaithalpur) i Ratnagiri distriktet i Maharashtra på västkusten. I april 2007 gav regeringen godkännande för byggandet av de fyra första av dessa åtta enheter med utnyttjande av inhemsk teknik. Planen har sedan utökats till sex 1,6 GWe EPR enheter i Maharastra. NPCIL har haft förberedande möten och tekniska diskussioner med tre internationella leverantörer; Areva i Frankrike, GE Hitachi och Westinghouse Electric Corporation i USA.

Tabell 3-3 Reaktorer som planerats eller är i ett långt framskridet skede att föreslås.

Reaktor	Typ	GWe netto, varje	Projektstyrning	Start drift
Planerade				
Kakrapar 3, 4	PHWR	0,64	NPCIL	2012
Rawatbhata 7, 8	PHWR	0,64	NPCIL	2012
Kudankulam 3, 4	PWR – VVER PWR – VVER	1,0/1,2	NPCIL	
Jaitapur 1, 2	PWR – EPR PWR – EPR	1,6	NPCIL	
Kaiga 5, 6	PWR	1,0/1,5	NPCIL	
Föreslagna				
?	PWR x 2 PWR x 2	1,0	NTPC	2014
Jaitapur 3–6	PWR – EPR PWR – EPR	1,6	NPCIL	
?	PHWR x 4 PHWR x 4	0,64	NPCIL	
?	FBR x 4 FBR x 4	0,47	Bhavini	2020
?	AHWR	0,3	?	2020

Det rapporteras dessutom att NPCIL undersöker platser för 6 000 MWe PWR kapacitet vid Pati Sonapur i delstaten Orissa på östkusten, och en 1,6 GWe anläggning i Haryana, en av landets mest industrialiserade delstater.

3.6 Bränsletillgång

Indiens urantillgångar är blygsamma. 54 000 ton U beräknas som rimligen säkra och eventuellt ytterligare 23 500 ton. Utvinning och bearbetning av uran utförs av Uran Corporation of India Ltd, ett dotterbolag till Institutionen för atomenergiorganet (DAE). Alla gruvor är underjordiska. En gemensam fabrik ligger nära Jaduguda. Under 2005/06 tillkännagavs investeringsplaner på nära 700 miljoner USD för gruvdrift i delstaterna Jharkand, Meghalaya och Andhra Pradesh. Projekten i Andhra Pradesh och Meghalaya har mött starkt lokalt motstånd och det är osäkert när man lyckas få dem i drift.

Tabell 3-4 Indiens urangruvor och fabriker – befintliga och planerade.

Delstat	Gruva	Verk	Driftsstart	Ton uran per år
Jharkhand	Jaduguda	Jaduguda	1967 (gruvan) 1968 (verket)	175 totalt från verket
	Bhatin	Jaduguda	1967	
	Narwapahar	Jaduguda	1995	
	Bagjata	Jaduguda	2008	
	Turamdih	Turamdih	2003 (gruvan) 2008 (verket)	
	Banduhurang	Turamdih	2007	
	Mohuldih	Turamdih	2011	
Meghalaya	Kylleng-Pyndengsohiong Mawthabah	Mawthabah	2012	340
Andhra Pradesh	Lambapur-Peddagattu	Seripally	2012	130
	Tummalapalle	Tummalapalle	2010	220

Bortsett från uran har Indien reserver på 29 0000 ton torium, ungefär en fjärdedel av världens totala kända reserver. Dessa avser man använda som bränsle i sitt kärnkraftsprogram (se nedan).

3.6.1 Uranbränslecykeln

Department of Atomic Energy (DAE) raffinerar och upparbetar uran. Den viktigaste fabriken (400 ton/år) tillverkar PHWR bränsle (som inte är anrikt). Det finns även en mindre (25 ton/år) tillverkningsanläggning som förser Tarapur kokvattensreaktor (BWR) från importerat anrikt (2,66 procent U-235) uran. Man använder även utarmad uranoxid pellets (från upparbetat uran) och torium oxid pellets för att tillverka PHWR bränsle. Tungt vatten tillverkas av DAE:s tung-vatten avdelning som driver sju anläggningar. En mycket liten anrikningsanläggning – otillräcklig även för Tarapur reaktorer – drivs av DAE i Mysore.

Använt bränsle från civila PHWRs upparbetas av Bhaba Atomic Reserach Center (BARC), Tarapur och Kalpakkam för att extrahera plutonium för användning i snabba bidadreaktorer. Små anläggningar på varje plats kompletterades med en ny Kalpakkam anläggning med en kapacitet på 100 ton/år som beställdes 1998. Ytterligare kapacitet håller på att byggas på Tarapur och Kalpakkam för att kunna träda i bruk cirka 2010. För att sluta bidadbränslecykeln planeras en speciell anläggning med byggstart under 2008.

3.6.2 Toriumcykeln

Indiens långsiktiga mål har varit att utveckla en avancerad tungvatten toriumcykel³⁶. I det första steget används PHWRs som drivs med naturligt uran och lättvattenreaktorer för att producera plutonium. I steg 2 använder man snabba neutronreaktorer för att bränna plutonium till U-233 från torium; i steg 3 planerar man använda Advanced Heavy Water Reactor (AHWRs) för att bränna U-233 och plutonium med torium, vilket skulle möjliggöra generering av ungefär två tredjedelar av sin kraft från torium.

Under 2002 utfärdade tillsynsmyndigheten godkännande för att starta byggandet av en 500 MW prototyp snabb bidentorier på Kalpakkam, som nu är under uppbyggnad av BHAVINI. Enheten förväntas vara i drift 2010 och ska drivas med uran-plutoniumoxid. I och med detta kommer Indiens ambitiösa torium program att avancera till steg 2, vilket lägger grunden för ett eventuellt fullt utnyttjande av landets rikliga torium som bränsle. Fyra flera sådana snabba reaktorer har aviserats för konstruktion fram till 2020.

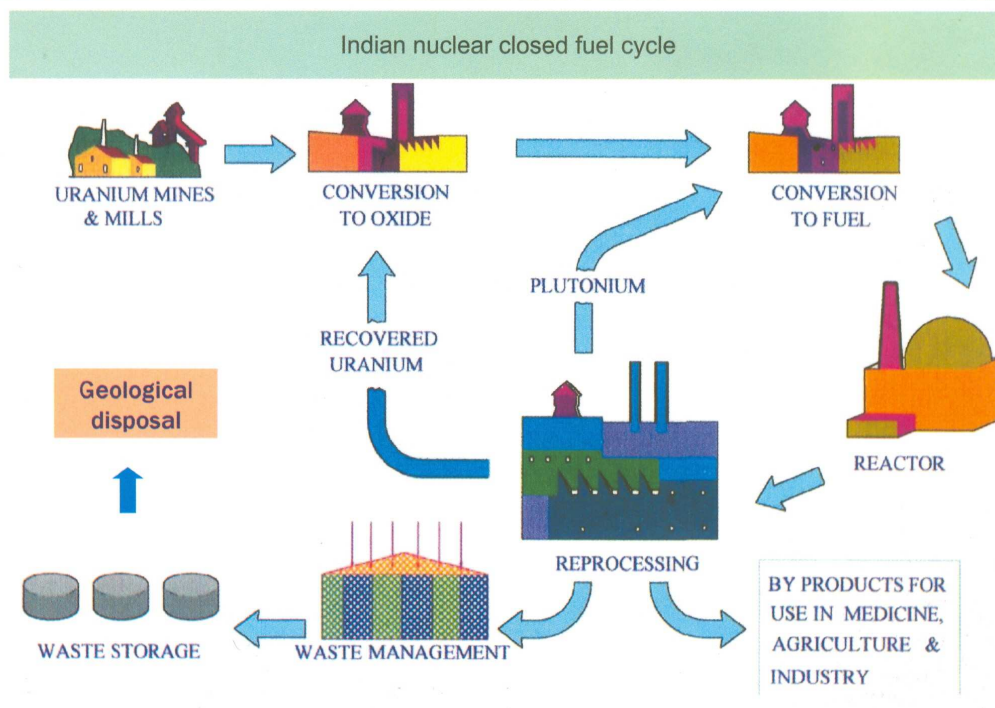
3.7 Hantering av radioaktivt avfall

Radioaktivt avfall från kärnkraftsreaktorer och upparbetningsanläggningar behandlas och lagras vid sju anläggningar i anslutning till reaktorer. Avfallshanteringsanläggningar är i drift vid Tarapur och Trombay och en annan är under uppbyggnad vid Kalpakkam. Forskning om slutförvaring av högaktivt och långlivat avfall i ett geologiskt slutförvar pågår vid BARC. Man söker en sluten bränslecykel där man vill upparbeta och återanvända uranet³⁷ (se figur 3-1). Det finns inga säkra offentliga uppgifter kring hur stor del av bränslet som upparbetas i dag.

³⁶ <http://www.npcil.nic.in>

³⁷ Raj, Prasad and Bansal (2006) *Radioactive waste management practices in India*. *Nuclear Engineering and Design*, 236, pp 914-930; <http://www.dae.gov.in/publ/3rdstage.pdf>.

Figur 3-1



Källa: Informationsbroschyr från Department of Atomic Energy, Government of India – the Public Awareness Division.

3.7.1 Förordningar och säkerhet

Atomic Energy Commission (AEC) inrättades 1948 inom ramen för Atomic Energy Act som ett policy organ för atomenergi i Indien. Redan från början omgärdades programmet av hög sekretess, och atomenergiorganet lyder direkt under premiärministern och saknar således vanlig politisk översyn.³⁸

1954 inrättades atomenergiorganet (DAE) för att sköta forskning, teknisk utveckling och kommersiell drift. Den nuvarande atomenergilagerna är från 1962 och tillåter endast statligt ägda företag inom kärnkraftssektorn. DAE omfattar Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL), Uran Corporation of India (brytning och bearbetning), Electronics Corporation of India Ltd (reaktor och instrumentering) och BHAVIN (Bhartiya Nabhiya Vidyut Nigam Ltd. för att sätta upp snabba reaktorer). Regeringen styr även produktion av tungt vatten och Nuclear Fuel Complex för bränsle och komponenttillverkning.

Atomic Energy Regulatory Board (AERB) bildades 1983 och faller under AEC men är oberoende av DAE. AERB ansvarar för reglering och licensiering av alla kärntekniska anläggningar, och deras säkerhet och utövar befogenheter av Atomic Energy Act för strålskyddet och av fabrikerna lagen för industriell säkerhet i kärnkraftverk.

³⁸ M V Ramana 2008 "Indian Nuclear: Failed Past and Dubious Future" available at www.npec-web.org/Essays

3.8 Forskning och utveckling

Kärnkraftsforskning har länge varit högt prioriterad inom forskningsbudgeten. Atomenergimyndigheten svalde under 1960-talet nära hälften av indiska forskningsbudgeten.³⁹ I den tionde femårsplanen (2002–2007) allokerades man 15–20 procent av forskningsbudgeten⁴⁰ – mångdubbelt mer än andra i dag viktigare energikällor såsom vattenkraft – vilken står för 15 procent av energiförsörjningen. Man inrättade 1957 ett atomforskningsorgan som döptes till Bhabha Atomic Research Center (BARC). En rad forskningsreaktorer och kritiska anläggningar byggdes här: APSARA (1 MW, verksam från 1956) var den första forskningsreaktorn i Asien. Enheterna Cirus (40 MW, 1960) och Dhruva (100 MW, 1985) antas vara för militära ändamål och de är plutoniumanläggningar. BARC är också ansvarigt för övergången till torium-baserade system och i synnerhet för att utveckla en 300 MWe AHW reaktor som ett tekniskt demonstrationsprojekt. Enligt flertalet bedömare har man dock inte lyckats med att demonstrera dess funktionalitet och man tror att det kommer att dröja minst tjugo till trettio år innan Indien har kommersiellt gångbara torium reaktorer. Två civila forskningsreaktorer vid Indira Gandhi Centrum för Atom-Forskning vid Kalpakkam förbereds för etapp två av torium cykeln. Under 2005 FBTR lyckades man sluta torium bränslecykeln – vilket man hävdar är den första gången i världen.

3.9 Avslutande kommentarer

Indisk kärnkraft står, efter närmare fyrtio år av inhemsk utveckling, för 2–3 procent av landets energiförsörjning. Efter undantaget från teknik- och bränsleembargot har man ökat expansionsplanerna och satsar nu på en långsiktig försörjningsnivå på 5–6 procent av det totala energibehovet från kärnkraft. Det blir viktigt för Indiens fortsatta ekonomiska tillväxt huruvida man lyckas i utbyggnaden. Utmärkande för det indiska kärnkraftsprogrammet är en strävan efter självförsörjning genom hela bränslecykeln genom en utveckling av toriumcykeln. Trots ett långtgående program har man, enligt experter inom området, åtminstone tjugo till trettio år kvar till kommersiell användning av torium. Man har dock kommit långt relativt andra nationer, och givet att man har en fjärdedel av de kända toriumreserverna är det en intressant utveckling att undersöka närmare.

³⁹ M V Ramana 2008 “Nuclear Energy in India: Failed Past and Dubious Future“ available at www.npec-web.org/Essays

⁴⁰ GoI 2006 Report of the Steering Committee on Science and Technology for Eleventh Five Year Plan (2007–2012).

4 Japan

4.1 Japan: "Nuclear Power Nation" – gigant på skakig grund

Trots att Japan är det enda land i världen som har utsatts för de fruktansvärda effekterna av kärnvapen så har det offentliga Japan omfamnat den civila användningen av kärnkraft med i dag 53 kärnkraftverk i drift⁴¹. Landet är därmed den tredje största kärnkraftsnationen i världen (efter USA och Frankrike). Länge sågs också Japan och Frankrike som de två länder som starkast drev en fortsatt utveckling av kärnkraften. Kärnkraften står i dag för cirka 29 procent av landets elproduktion (46,3 GWe), och 9 procent av den totala energiproduktionen⁴². Planer finns på att öka kärnkraftsandelens av elproduktionen 40 procent fram till 2030, och därefter ytterligare fram till uppemot 50–60 procent till 2050. Kärnkraft ses som en viktig komponent för Japan att nå klimatmålen kring koldioxidemission. Inledande referenser kring det japanska kärnkraftsprogrammet: ⁴³, ⁴⁴, ⁴⁵, ⁴⁶, ⁴⁷, ⁴⁸, ⁴⁹.

Japan har få egna naturtillgångar, och är därför starkt beroende av import av energi för sin försörjning. Före oljekrisen 1973 var Japan extremt oljeberoende med cirka 80 procent av energibehovet täckt via olja. Huvuddelen av oljan importerades från Persiska viken. Japan hade då enbart fem kärnkraftverk i drift. Av ekonomiska och säkerhetspolitiska skäl så har Japan diversifierat sig och reducerat oljeimporten från 80 till 50 procent av det totala energibehovet. Fördelningen på energislag i dag är: olja 50 procent, kol 20 procent, naturgas 14 procent, kärnkraft 9 procent, vattenkraft 4 procent och övrigt 2 procent.

Investeringarna i kärnkraften i Japan har varit omfattande. Cirka 60 procent av den årliga forskningsbudgeten inom energiteknik går till kärnkraft.⁵⁰ Ett antal flaggskeppsprojekt såsom det snabba bldreaktorprojektet, en uppberbningsanläggning och MOX-bränslefabrik har krävt stora investeringar.

4.2 Historik och nuvarande utbyggnad

Japan inledde sitt kärntekniska forskningsprogram år 1954. Den reglerande lagen *Atomic Energy Basic Law* från 1955 begränsar användningen av kärnteknik för fredliga ändamål. Lagen syftar till att säkerställa att demokratiska metoder, oberoende förvaltning och öppenhet ligger till grund för kärnteknisk forskning, samt att internationellt samarbete

⁴¹ Sju reaktorer är temporärt stoppade efter Niigata Chuetsu-Okijordbävningen 16 juli 2007. De inväntar uppstart. Två reaktorer i Chubu var under renovering sen 2001 och 2004. Efter ovan nämnda jordbävning 2007 beslutades i december 2008 att de ej skulle omstartas utan att en ny reaktor skall byggas för att tas i drift med start 2018.

⁴² För 2007 är en uppskattning att cirka 25-26 procent av elproduktionen kommer från kärnkraft eftersom sju reaktorer är avstängda tillfälligt efter jordbävningen 16 juli 2007.

⁴³ "Country briefing Japan" <http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html>, december 2008

⁴⁴ ANRE:s sida om Japans kärnkraftsprogram:

<http://www.enecho.meti.go.jp/english/report/rikkokugaiyou.pdf>

⁴⁵ "White Paper on Nuclear Energy 2007", Japan Atomic Energy Commission.

⁴⁶ Japan's Nuclear Energy National Plan, Aug. 2006, Ministry of Economy, Trade and Industry.

⁴⁷ "Japans Energisituation", UD:PM 2008-09-23, Magnus Holm.

⁴⁸ <http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/2008-world-nuclear-industry-status-report/2008-world-nuclear-industry-status-re-0>

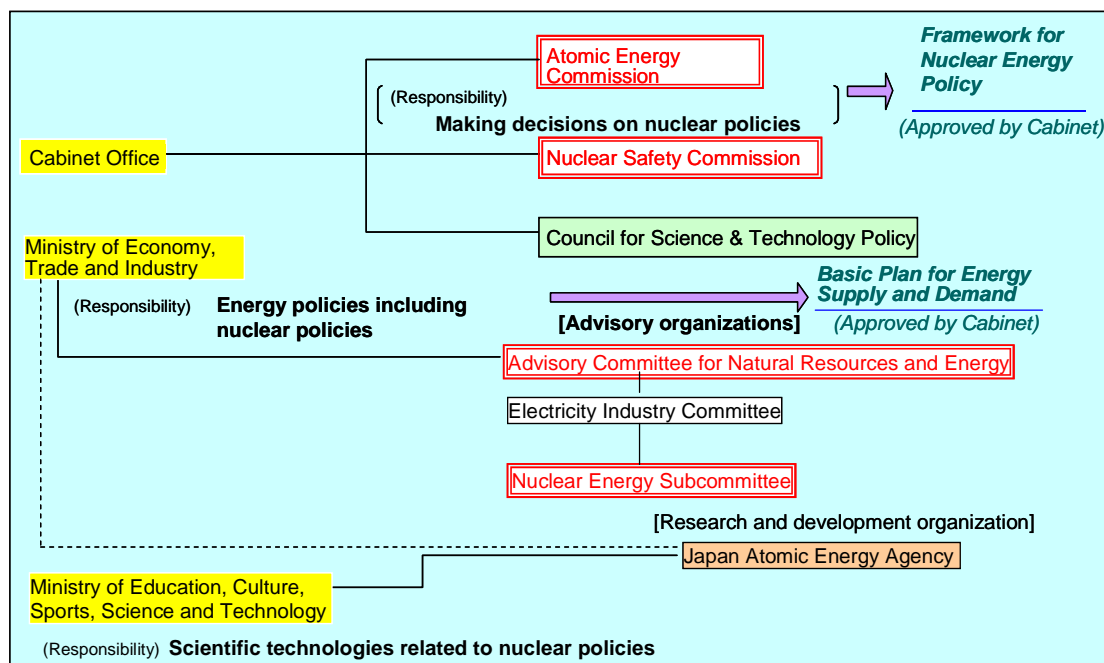
⁴⁹ En oberoende analys av Japans kärnkraftsprogram:

<http://www.nautilus.org/fora/security/0695Suzuki.html>

⁵⁰ Citizens' Nuclear Information Center (CNIC), "Cost of Nuclear Power in Japan," Tokyo, 2006.

främjas. Genom atomenergikommissionen från 1956 främjas den civila kärnenergis utveckling och nyttjande. Flera andra kärnenergi-relaterade organisationer har fastställts också enligt denna lag: Science & Technology Agency, Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) och Atom-Fuel Corporation, namnändrat till PNC – Nuclear Fuel Development Corporation 1967). De tre främsta japanska myndigheterna i dag med ansvar för kärnkraft är Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Agency for Natural Resources and Energy (ANRE), och Nuclear and Industrial Safety Agency (NISA). JAEA bildades genom en sammanslagning av JAERI (Japan Atomic Energy Research Institute) och JNC (Japan Nuclear Cycle Development Institute). JAEA har cirka 4 400 anställda och en årlig budget på 200 miljarder yen (över 15 miljarder kronor i nov. 2008 Yenkurs). JNC hette tidigare Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC). Ett annat viktigt forskningsinstitut är Central Research Institute of the Electric Power Industry (CRIEPI) med 800 anställda och en budget på 34 miljarder yen, det vill säga lite över 3 miljarder svenska kronor. JAEA sorterar under Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology (MEXT) och ANRE, NISA och CRIEPI sorterar under Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). The Nuclear Safety Commission (NSC) och the Atomic Energy Commission (AEC) är mer övergripande instanser som ansvarar för policyformuleringar.

Figur 4-1 En illustration av den formella beslutstrukturen för japansk kärnkraft.



Källa: Presentation av Ichiro Maeda, Juni 2006, TEPCO, Tokyo Electric Power Company.

Japan gick in i den civila kärnkraftsåldern den 27 augusti 1957 då forskningsreaktorn i Tokai-Mura uppnådde kritikalitet (d v s producerade mer energi än vad som krävdes för driften). Japan importerade sin första kommersiella kärnkraftsreaktor från Storbritannien – Tokai-1 – en 160 MW gaskyld (Magnox) reaktor byggd av General Electric Company. Verket togs i drift i juli 1966 och drevs fram till mars 1998. Efter detta verk har enbart lättvattenreaktorer med användande av anrikat uran, antingen kokvattenreaktorer (BWR) eller tryckvattenreaktorer (PWR) byggts. De första tre reaktorena togs i kommersiell drift 1970. Därefter följde en period då amerikanska leverantörer byggde kraftverk i samarbete

med japanska företag som sedan skulle få licens för att bygga liknande anläggningar i Japan. Företag som Hitachi, Toshiba och Mitsubishi Heavy Industries utvecklade under den tiden egen förmåga att bygga reaktorer. I slutet av 1970-talet hade den japanska industrin i stor utsträckning etablerat egen inhemsk produktionskapacitet. Sedan 1985 och framåt har mer avancerade reaktortyper ABWR och APWR tagits fram.

Tabell 4-1 Japanska reaktorer i drift (53 st.), se ref. 43. Data från december 2008. De sju kraftverken vid Kashiwazaki är dock temporärt nedstängda efter en jordbävning 2007. Se även⁵¹

Reactor	Type	Net capacity	Utility	Commercial Operation
Fukushima I-1	BWR	439 MWe	TEPCO	March 1971
Fukushima I-2	BWR	760 MWe	TEPCO	July 1974
Fukushima I-3	BWR	760 MWe	TEPCO	March 1976
Fukushima I-4	BWR	760 MWe	TEPCO	October 1978
Fukushima I-5	BWR	760 MWe	TEPCO	April 1978
Fukushima I-6	BWR	1067 MWe	TEPCO	October 1979
Fukushima II-1	BWR	1067 MWe	TEPCO	April 1982
Fukushima II-2	BWR	1067 MWe	TEPCO	February 1984
Fukushima II-3	BWR	1067 MWe	TEPCO	June 1985
Fukushima II-4	BWR	1067 MWe	TEPCO	August 1987
Genkai-1	PWR	529 MWe	Kyushu	October 1975
Genkai-2	PWR	529 MWe	Kyushu	March 1981
Genkai-3	PWR	1127 MWe	Kyushu	March 1994
Genkai-4	PWR	1127 MWe	Kyushu	July 1997
Hamaoka-3	BWR	1056 MWe	Chubu	August 1987
Hamaoka-4	BWR	1092 MWe	Chubu	September 1993
Hamaoka-5	ABWR	1325 MWe	Chubu	January 2005
Higashidori-1 Tohoku	BWR	1053 MWe	Tohoku	December 2005
Ikata-1	PWR	538 MWe	Shikoku	September 1977
Ikata-2	PWR	538 MWe	Shikoku	March 1982
Ikata-3	PWR	846 MWe	Shikoku	December 1994
Kashiwazaki-Kariwa-1	BWR	1067 MWe	TEPCO	September 1985
Kashiwazaki-Kariwa-2	BWR	1067 MWe	TEPCO	September 1990
Kashiwazaki-Kariwa-3	BWR	1067 MWe	TEPCO	August 1993
Kashiwazaki-Kariwa-4	BWR	1067 MWe	TEPCO	August 1994
Kashiwazaki-Kariwa-5	BWR	1067 MWe	TEPCO	April 1990
Kashiwazaki-Kariwa-6	ABWR	1315 MWe	TEPCO	November 1996
Kashiwazaki-Kariwa-7	ABWR	1315 MWe	TEPCO	July 1997
Mihama-1	PWR	320 MWe	Kansai	November 1970
Mihama-2	PWR	470 MWe	Kansai	July 1972
Mihama-3	PWR	780 MWe	Kansai	December 1976
Ohi-1	PWR	1120 MWe	Kansai	March 1979
Ohi-2	PWR	1120 MWe	Kansai	December 1979
Ohi-3	PWR	1127 MWe	Kansai	December 1991
Ohi-4	PWR	1127 MWe	Kansai	February 1993
Onagawa-1	BWR	498 MWe	Tohoku	June 1984
Onagawa-2	BWR	796 MWe	Tohoku	July 1995
Onagawa-3	BWR	796 MWe	Tohoku	January 2002
Sendai-1	PWR	846 MWe	Kyushu	July 1984
Sendai-2	PWR	846 MWe	Kyushu	November 1985
Shika-1	BWR	505 MWe	Hokuriku	July 1993
Shika-2	BWR	1304 MWe	Hokuriku	March 2006
Shimane-1	BWR	439 MWe	Chugoku	March 1974
Shimane-2	BWR	791 MWe	Chugoku	February 1989
Takahama-1	PWR	780 MWe	Kansai	November 1974
Takahama-2	PWR	780 MWe	Kansai	November 1975
Takahama-3	PWR	830 MWe	Kansai	January 1985
Takahama-4	PWR	830 MWe	Kansai	June 1985
Tokai-2	BWR	1056 MWe	JAPC	November 1978
Tomari-1	PWR	550 MWe	Hokkaido	June 1989
Tomari-2	PWR	550 MWe	Hokkaido	April 1991
Tsuruga-1	BWR	341 MWe	JAPC	March 1970
Tsuruga-2	PWR	1115 MWe	JAPC	February 1987
Total: 53 reactors		46,236 MWe (48,200 MWe gross)		

Not: Fukushima I = Fukushima Daiichi, Fukushima II = Fukushima Daini

⁵¹ En webbsida från Japan Nuclear Technology Institute (kraftverksoperatörernas forskningsorganisation) som visar aktuell driftstatus för 2008:

<http://www.gengikyo.jp/english/status/ChartOfPowerPlant.html>

Tabell 4-2 Japanska reaktorer planerade för uppstart, se ref. 43.

Reactor	Type	Gross capacity	Utility	Construction start	Operation*
Tomari-3	PWR	912 MWe	Hokkaido	2003	2009
Shimane 3	ABWR	1373 MWe	Chugoku	December 2005	12/2011
Total (2)		2285 MWe			

* Latest announced commercial operation. Shika-2 started up May 2005

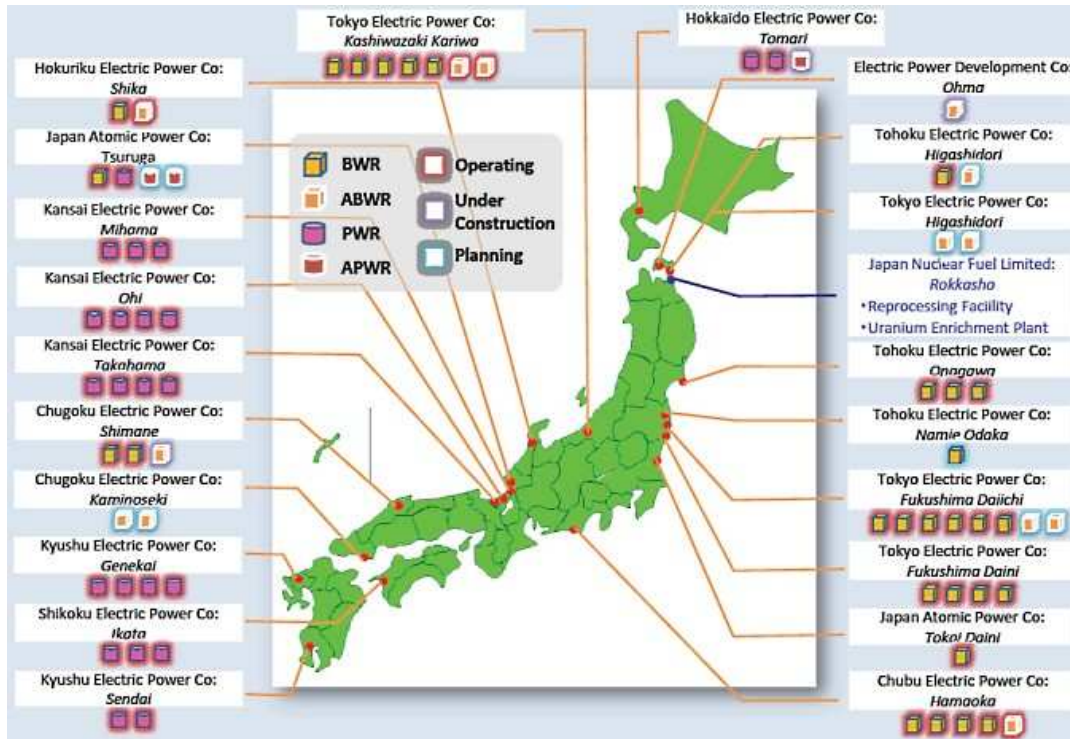
Tabell 4-3 Japanska reaktorer prospekterade, se ref. 43.

Reactor	Type	MWe gross (each)	Utility	Construction start*	Start operation*
Ohma	ABWR	1383	EPDC/ J-Power	5/2008	11/2014
Fukushima I-7 & 8	ABWR	1380	Tepco	4/2010	10/2014, 10/2015
Higashidori 1 & 2	ABWR	1385	Tepco	11/2009 & 2012	10/2014, 2018
Tsuruga 3 & 4	APWR	1538	JAPC	10/2010	2016-17
Kaminoseki 1 & 2	ABWR	1373	Chugoku	2010 & 2013	2015 & 18
Hamaoka 6	ABWR?	1380?	Chubu		2018
Higashidori 2	ABWR	1385	Tohoku	2014	2019
Namie-odaka	BWR	825	Tohoku	2014	2019
Sendai 3	PWR	1100?	Kyushu plus	invited by local community	
Total (13)		16,045 MWe	Hamaoka 6		
Monju	Prototype FBR	246	JAEA	operated 1994-95, awaiting restart	

Not: * according to METI FY2008 plan. The date for Ohma is site preparation, not first concrete.

Japan har vidare ett aktivt program för snabba bridreaktorer (FBR). FBRs är en av fem nyckelteknologier av nationell strategisk vikt för forskning och för att åstadkomma en långsiktigt hållbar kärnkraftsteknologi. Experimentreaktorn i Joyo nådde kriticitet 1977, och har samlat en hel del tekniska data. Den större prototypreaktorn i Monju startade i april 1994 men ett natriumläckage i dess sekundära värmesystem under testen i december 1995 innebar att det inte har varit i drift sedan dess. Tillsyn har legat under JAEA och regeringen har sagt att en omstart är av hög prioritet. Ett beslut från Högsta domstolen i maj 2005 banade vägen för att starta det under 2008 men detta har skjutits framåt – tentativt har februari 2009 nämnts. I dagsläget förefaller detta inte kunna hållas, utan man pratar snarare om första halvåret 2009. År 1994 flyttades den kommersiella tidslinjen för FBRs fram till 2030, och under 2005 sades att kommersiella FBRs planeras från 2050. Som tidigare nämnts är utvecklandet av FBRs av vikt för kärnkraftens framtid eftersom dessa tillsammans med ”vanliga” reaktorer kan skapa en bränslecykel där dagens tillgång till uran förlängs med upp till 1 000 år. För Japan är det vidare ett sätt att långsiktigt undvika att tvings långtidslagra en stor mängd plutonium. Redan i dag har Japan kring 26 ton plutonium lagrat i Frankrike och i England. Detta är vidare en motivering till MOX-programmet (se nedan).

Figur 4-2 En kartbild över Japans kärnkraft. Se tabell 4-1 för aktuell status (t ex är två reaktorer i Hamaoka tagna ur drift permanent och de sju reaktorerna i Kashiwazaki inväntar uppstart igen efter en jordbävning 2007).



4.3 Japansk kärnkraftsindustri

Under de senaste åren har ett antal strukturella förändringar skett inom kärnkraftsindustrin, där japanska företag finns med i de flesta av konstellationerna:

- Mitsubishi FBR Systems som bildades juli 2007 kommer gemensamt med Areva att samarbeta kring den amerikanska Advanced Recycling Reactor – en del av Global Nuclear Energy Partnership. Mitsubishi Heavy Industry – MHI – har också med Areva bildat företaget Atmea för att utveckla medelstora tryckvattenreaktorer, PWR.
- Global Nuclear Fuel (GNF). GNF bildades som ett joint venture med General Electric Nuclear Energi (GENE), Hitachi och Toshiba 2001. Företaget tillverkar kärnbränsle
- GE-Hitachi (GEH). Företaget bildades den 1 juli 2007. För nästa generations reaktorer – ESBWR – har GEH gjort betydande framsteg.
- Toshiba har en stor nukleär verksamhet som i huvudsak inriktas på BWR. Med köpet av amerikanska Westinghouse för 5,4 miljarder USD år 2006, fick man även kompetens inom PWR-teknik. För svenskt vidkommande så har Toshibas köp av Westinghouse inneburit att det som återstår av svensk kärnkraftsindustri, det tidigare ABB Atom, numera är i japansk ägo under namnet Westinghouse Electric. Toshiba har vidare sen mars 2008 även ett avtal om samarbete med Atomenergoprom – Rysslands statliga holdingbolag för kärnkraft (med privata dotterbolag).
- Japans största byggbolag inom infrastruktur; Kajima, Shimizu, Takenaka, Taiesei och Oyabashi medverkar samtliga i strukturell design och konstruktion av kärnkraftsverk.

- Ett annat företag av intresse är Japan Steel Works som står bakom ungefär 30 procent av reaktorkärnen i världen, och som i stort sett har monopol på tunga specialsmidda ståldetaljer i kraftverk (över 500 ton tunga). Företaget har investerat för att öka sin produktionskapacitet med ungefär fyra reaktorkärl per år. Orderkatalogen fram till 2010 är fullbokad. Bedömare anser att de just nu är något av en flaskhals (via sitt monopol) för framtida expansion. Dock anses att konkurrenter, till exempel Doosan i Korea, även de kommer att kunna leverera kritiska komponenter snart.

4.4 Uranförsörjning och bränslecykelprogram

Japan har inga egna uranresurser. Behovet år 2007 på 8 872 ton uran täcks från bland annat Australien (en tredjedel), Kanada och Kazakstan. Handelshuset Itochu har under 2006 kommit överens med Kazakstan om inköp av 3 000 ton uran och under 2007 så köpte japanska intressenter, med Marubeni och TEPCO i spetsen, in sig i 40 procent av gruvprojektet Kharasan i Kazakstan.

Huvuddelen av Japans bränsle upparbetas utomlands. Japan har 6 400 ton uran från utbränt bränsle lagrat i Frankrike och Storbritannien. År 2007 togs en överenskommelse med Rysslands Atomenergoprom kring anrikning av uran för japanska kraftverk.

Av energisäkerhetsskäl och trots ett lågt pris på uran under många år, så har ett mål med japansk energipolitik varit att maximera användningen av importerat uran och utvinna 25–30 procent extra energi från kärnbränsle genom återvinning av oförbränd uran och plutonium som blandat oxid bränsle (mixed oxide fuel-MOX)⁵². Japan har i dag ett lager av cirka 7 ton plutonium lagrat i landet och cirka 26 ton plutonium lagrat utomlands.⁵³

Japan har i en deklARATION till IAEA förklarat att man inte avser ackumulera plutonium utan använda detta i reaktorer. Initialt var tanken att främst använda plutoniumet i FBRs, men efter problemen med Monju, så har man skiftat mot att försöka använda plutoniumet i LWRs i stället, åtminstone till dess FBRs blir kommersiellt tillgängliga. År 1999 startades programmet Pluthermal för att successivt använda MOX-bränsle i Japans reaktorer. Användningen av MOX i reaktorer har dock försenats avsevärt och i dagsläget tror Federation of Electric Power Companies att nio medlemsbolag vill använda MOX-bränsle i 16–18 reaktorer i Pluthermalprogrammet med start från 2010. Den 29 oktober 2008 meddelade METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) att man godkänt Chugoku Electric Power Co's plan att under 2010 ladda reaktor nummer 2 i Matsue Shimane med MOX.

Ett av de tänkta flaggskeppen i Japans kärnkraftsprogram är upparbetningsanläggningen och MOX-fabriken i Rokkasho-Mura i prefekturen Aomori. Byggandet har pågått i 13 år och starten har försenats ett antal gånger. Den 31 oktober meddelades att den planerade starten i november 2008, nu skjutits fram till februari 2009⁵⁴, även om en senare start under 2009 troligen är att vänta. I nästa steg, projekterat till 2012, byggs en MOX-bränslefabrik på samma plats. Rokkasho-Mura har krävt stora investeringar; enbart byggandet har tagit mer än 20 miljarder US dollar i anspråk och kostnaderna för drift under de närmsta årtiondena kan estimeras till över 100 miljarder US dollar. Rokkasho-Mura bygger till 90 procent på Arevas La Hague teknik, en del brittisk teknik och inhemsk teknik. Anlägg-

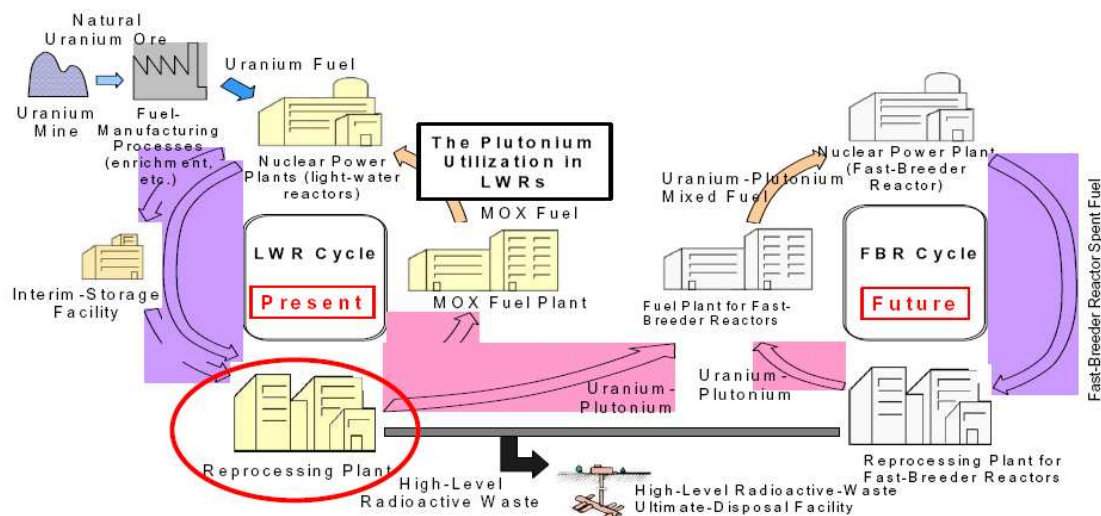
⁵² I Sverige har MOX från 2007 bland annat använts i Oskarshamns reaktorer.

⁵³ "Plutonium management in Japan", Council for Nuclear Fuel Cycle Management, <http://www.cnfc.or.jp/e/arsenal/index.html>

⁵⁴ Yomiuri online 1 november 2008 <http://www.yomiuri.co.jp/e-japan/aomori/news/20081031-OYT8T00843.htm>

ningen kommer att producera cirka fyra ton av klyvbart plutonium per år. MOX programmet är prioriterat – högt uppsatta medlemmar av regeringen har bekräftat att landets användning av MOX ”måste hända” *ref.[43]*, och regeringen driver ett utbildnings- och informationsprogram för att vinna större acceptans bland allmänheten. Ett exempel på allmänhetens oro är den folkomröstning i maj 2001 i Kariwa som stoppade TEPCO att ladda reaktorerna Kashiwazaki-Kariwa med MOX-bränsle. För kritiska analyser kring Rokkasho-Mura, se^{55, 56}. Det bör noteras att även efter Rokkasho-Mura och användning av MOX-bränsle i Plutermalprogrammet så återstår frågetecken ifall plutonium kommer att ackumuleras eller ej.

Figur 4-3 Japanska industridepartement METI:s bild av kärnbränslecykeln.



Källa: METI Nuclear Energy Policy Planning Division Dec. 2006.

Vid Tokai-mura, i Ibaraki prefektur norr om Tokyo, driver Mitsubishi Nuclear Fuel Co Ltd sedan 1972 en stor bränsletillverkningsanläggning. Ytterligare bränslefabriker drivs av Nuclear Fuel Industries (NFI) i Tokai och Kumatori, och JAEA har några experimentella MOX-anläggningar på Tokai för både Fugen ATR (experimentreaktor) och FBR programmet. Också i Tokai driver JAEA en pilotupparbetningsanläggning som fokuserar på forskning och utveckling, inklusive upparbetning av MOX-bränsle. JAEA har också en pilotanläggning för förglasning av högaktivt avfall (HLW) i Tokai sedan 1995. Tokai är den viktigaste platsen för JAEA:s FoU på HLW behandling och deponering.

4.5 Interim- och slutförvaring av avfall

Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL) driver ett slutförvar för lågaktivt avfall. De driver även ett mellanlager för använt kärnbränsle och upparbetningsrester. Finansiering sker via inbetalningar av kraftbolagen (baserat på elproduktion) till en avfallsfond. År 1995, öppnades Japans första mellanlagringsstation för högaktivt avfall (HLW) i Rokkasho-Mura. År

⁵⁵ "Japan's Plutonium Reprocessing Dilemma" <http://www.armscontrol.org/print/1901>

⁵⁶ "Rokkasho: A Troubled Nuclear Fuel Cycle Complex" http://www.ieer.org/sdafiles/vol_9/9-4/rokkasho.html

2005 meddelade TEPCO och JAPC att en station för mellanlagring skulle etableras i Mutsu med start 2010. I maj 2000, antog det japanska parlamentet lagen *Final Disposal of Specified Radioactive Waste* (slutförvaringslagen). Organisationen (under METI) Nuclear Waste Management (Numo) har ansvar för geologisk deponering av det högaktiva avfallet. Två underjordslaboratorier är under konstruktion i Japan för att studera slutförvaring endera i lera eller i kristallin berggrund. Beslut om var slutförvaring ska ske, är planerat att tas cirka år 2020. Start av förvaring planeras 2035.

4.6 Forskning och utveckling

Japan har ett aktivt forskningsprogram kring kärnkraft, bland annat via FBR-programmet och bränslecykelprogrammet. JAEA spelar en central roll för den nationella forskningen med flera forskningsreaktorer. University of Tokyo, Kyoto University och Kinki University har forskningsreaktorer. Tokyo Institute of Technology driver sedan 2003 ett så kallat Centre of excellence via MEXT kring innovativ reaktorteknologi. I universitetssystemet har dock antalet studenter som studerar med inriktning mot kärnteknik minskat, vilket har identifierats som ett problem från kärnteknikindustrins sida.

Många av dagens LWRs måste fasas ut kring 2030, och innan Japan planerar introducera FBRs kring 2050 så avser man introducera mer avancerade lättvattenreaktorer. METI tillsammans med industrin startade 2006 ett program för att ta fram nästa generations reaktorer för kommersiell introduktion kring 2020.

År 2002 identifierade Atomic Energy Commission, AEC, nio teknologier Japan borde forska kring. Dessa bestod av bland annat FBRs, småskaliga reaktorer och forskning om transmutation av kärnbränsle, det vill säga hur man kan omvandla långlivat högaktivt avfall till mer kortlivat.

Japan har redan ett aktivt program för fusionsforskning⁵⁷ som startade kring 1960. Japan har aktivt bidragit till designen av ITER (the international thermonuclear reactor), och försökte länge få denna placerad i Rokkasho Mura. Man förlorade dock till Frankrike år 2005, men bidrar fortsatt till finansiering. Parallellt med ITER har Japan aktivt marknadsfört ett bredare samarbete mellan EU och Japan. Kommersiella fusionsreaktorer förväntas inte finnas framtagna förrän 2050 eller senare. Ett antal universitet bedriver fusionsforskning.

4.7 Säkerhet och kärnkraftsincidenter

Japans kärnkraftsindustri drabbades inte så hårt av effekterna av Harrisburgolyckan (Three Miles Island) eller Tjernobykatakastrofen som industrin i Europa och USA. Byggnad av nya anläggningar fortsatte genom 1980-talet, under 1990-talet och fram till våra dagar. Dock efter att flera olyckor inträffade i mitten av 1990-talet och framåt, där företagen försökte tona ner graden av allvaret i olyckorna, så urholkades allmänhetens förtroende för kärnkraft. Detta har lett till motstånd mot nya anläggningar⁵⁸. Anläggningar vars projektering och byggande under den senaste tiden har annullerats/fördröjts är:

⁵⁷ *Fission (atomklyvning av tunga atomkärnor) är grunden för kärnkraft. Fusion är den energi som driver solen och stjärnorna. Fusion sker då lätta ämnen, till exempel vätekärnor, smälter samman till tyngre ämnen, samtidigt som enorma mängder energi frigörs. För att detta ska kunna ske krävs extremt höga temperaturer och tryck. Om fusionsreaktorer blir möjliga är sannolikt mänsklighetens energiproblem löst. Det finns heller inte samma problem med långlivat radioaktivt avfall. Kommersiella fusionsreaktorer ligger dock mycket långt fram i tiden, sannolikt bortom 2050.*

⁵⁸ "New Japanese nuclear power reactors delayed", *World Nuclear News*, March 28, 2008.

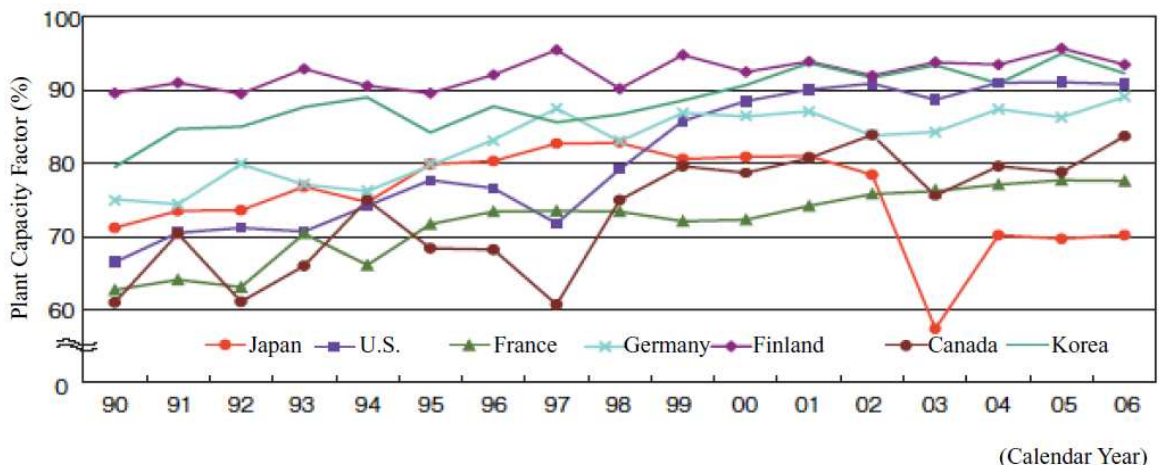
- Maki kärnkraftverk i Maki, Niigata (Kambara) – INSTÄLLT 2003
- Kushima kärnkraftverk i Kushima, Miyazaki – 1997
- Ashihama kärnkraftverk i Ashihama, Mie – 2000
- Hōhoku kärnkraftverk i Hōhoku, Yamaguchi – 1994
- Suzu kärnkraftverk i Suzu, Ishikawa – 2003

Bland incidenter i Japan kan nämnas:

- En natriumläcka vid FBR reaktorn i Monju. Den inträffade i december 1995 och reaktorn är fortfarande stängd men inväntar uppstart under 2009.
- En brand och explosion vid uppberedningsanläggningen i Tokai. Det skedde i mars 1997 och 37 arbetare utsattes för låga doser av strålning.
- I september 1999 avlider två arbetare av strålning vid Tokai bränsletillverkningsanläggning när man för att spara tid använt en felaktig procedur
- I augusti 2002 fick Tokyo Electric Power Company's (TEPCO) alla 17 kärnreaktorer stängas temporärt. TEPCO tjänstemän hade förfalskat inspektionsprotokoll och försökt dölja sprickor i reaktortankens hållare för styrstavarna vid 13 av sina 17 reaktorer.
- En ångläcka vid Mihama-3-reaktorn är kanske den allvarligaste olyckan i termer av människoliv. Den inträffade 9 augusti 2004 och fem arbetare avled. Olyckan berodde på korrosion i en rörledning som inte inspekterats på åtta år.

Utdragna reparationer, olyckor och de säkerhetsbrister som uppmärksammats, samt problem med jordbävningar (då kärnkraftsreaktorer nödstoppas automatiskt) har lett till att den japanska kärnkraftsindustrin brottats med att utnyttjandekapaciteten på reaktorerarna varit låg, kring 70 procent i jämförelse med 80 procent i Europa och USA. Under 2007, efter driftstoppet i samband med jordbävningen den 16 juli (se nedan), så har kapaciteten snarast varit kring 60 procent.

Figur 4-4 Kapacitetsutnyttjandet hos kärnkraftverk hos några utvalda länder.



Källa: Japan Atomic Energy Commission White Paper 2007.

Det kanske mest allvarliga problemet i Japan, både ekonomiskt och ur ett säkerhetsperspektiv, är dock jordbävningar. På grund av omfattningen av jordbävningar har särskild uppmärksamhet ägnats åt seismiska frågor vid placering, utformning och konstruktion av

kärnkraftverk. Jordbävningar är inte bara ett potentiellt problem, utan ett i allra högsta grad reellt sådant. Ett antal jordbävningar, såsom 16 augusti 2005 i Miyagi, och 25 mars 2007 i Shika, har fått reaktorer att nödstoppa. År 2006 tvingade en domstol det nyligen konstruerade verket i Shika att stoppa på grund av konstaterade brister i designen. I maj 2007 ändrade de seismiska kriterierna och medel gavs till förstärkning av äldre anläggningar. Kort därefter, den 16 juli 2007, inträffade en jordbävning (Niigata Chuetsu-Oki earthquake) till havs nära Japans västra kust. Jordbävningen mätte 6.8 på Richterskalan och inträffade 19 km från världens största kärnkraftsanläggning i Kashiwazaki. Fyra av de sju reaktorer som var i drift eller under uppstart, fick nödstoppas. Enligt kraftbolaget TEPCO ska anläggningen vara jordbävningssäker till magnitud 8 på Richterskalan (den stora Kantojordbävningen i Tokyo 1923 har skattats till magnitud 7.9–8.3 på Richterskalan). Ett antal sprickor uppstod dock i byggnaderna runt reaktorn, och en liten vattenläcka ägde rum. I februari 2008 presenterade IAEA sin andra rapport om olyckan och konstaterade att fortsatta studier är nödvändiga för att riktigt förstå säkerheten inför framtida eventuellt starkare jordbävningar. TEPCOs kostnader för olyckan är höga eftersom driften av verken ännu inte återupptagits. För budgetåret 2007 (april 2007–april 2008) redovisade TEPCO en förlust på 155 miljarder yen, cirka 14 miljarder svenska kronor. Kashiwazaki är inte det enda kärnkraftverket som ligger jordbävningssnåra.

Det finns en folklig skepsis och ett motstånd mot kärnkraft i Japan, vilket har ökat efter ovannämnda och andra incidenter. Traditionellt är dock NGOs inte speciellt starka i Japan. Som exempel på relaterade NGOs kan nämnas, Citizens' Nuclear Information Center-CNIC som startades 1975 i Tokyo, Green Action Japan som startades 1991 i Kyoto, "Stop Rokkasho" som vill få upp världens ögon kring Rokkasho-Muraanläggningen samt givetvis Greenpeace Japan. Utifrån oro för att det folkliga motståndet mot kärnkraften ska öka och med lärdomar av tidigare skandaler, finns en klar ambition från myndigheterna om ökad transparens och man bedriver olika informationskampanjer. I Tsuruga, Fukui Pref. hemvist för 15 kärnkraftverk, däribland FBR Monju, driver Japan Atomic Energy Commission AEC Aquatom, en kombination av vetenskapsmuseum och temapark. Texten på en plansch säger en del om den inställning man vill förmedla:

"Japan is a poor country in natural resources, importing 99.8 percent of its oil, 96.6 percent of its natural gas, 98.4 percent of its coal and 100 percent of its uranium. Therefore, Monju, a plutonium burning reactor, is necessary because plutonium can be used for thousands of years," (Källa: Artikel i Japan Times Online 4 september 2007).

4.8 Energipolitiken i dagsläget: förnybart och kärnkraft

Efter terrorattacken i USA september 2001 har frågan om Japans energiförsörjning tagit ytterligare fart och kärnkraft är en viktig ingrediens, både i termer av energisäkerhet och som del för att nå klimatmålen. Den japanska regeringen centralt har behållit ett starkt stöd för kärnkraften. De tre största partierna, Liberaldemokraterna-LDP, New Komeito och Democratic Party of Japan, är samtliga positiva. Medan antalet reaktorer förväntas öka långsamt, ligger fokus på nästa generations reaktorer, en sluten bränslecykel, och expansion utomlands.

I mars 2002 delgav den japanska regeringen en satsning på kärnkraft som en del att minska utsläppen av växthusgaser för att nå målen i Kyotoprotokollet. En tioårig energiplan, som lämnades in i juli 2001 av Ministry of Trade and Industry (METI), godkändes av parlamentet.

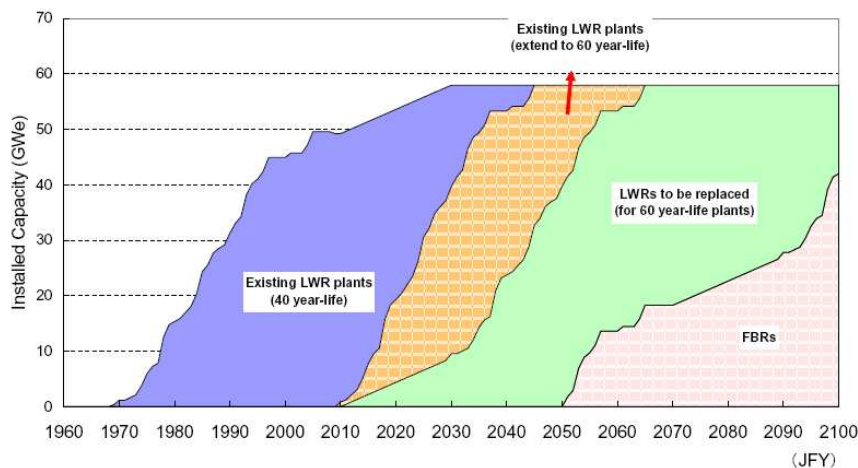
I oktober 2005 lanserade atomenergikommissionen AEC ett tioårigt ramverk för Japans kärnenergi strategi. I maj 2006 presenterade METI sin strategiplan *New National Energy Strategy* där Japan ska ha uppnått fem kvantitativa mål senast år 2030⁵⁹:

- Ett reducerat oljeberoende från 50 procent till 40 procent;
- Ha reducerat oljeberoende i transportsektorn från 98 procent till 80 procent;
- En ökad andel olja framtagen av japanska företag – från 15 procent till 40 procent av importen;
- Ha ökat andelen kärnkraft i elproduktionen från 29 procent till 40 procent;
- En förbättrad energieffektiviteten med 30 procent.

En viktig del av planen var en utökad andel kärnkraft. Ett citat från den engelska översättningen ger huvuddragen:

“Nuclear power that has excellent supply stability and is a clean energy source that does not emit CO2 in operation is pivotal to establishing energy security and solving the global environment issues integrally. Even after 2030, we will aim to bring its usage ratio to above 30 to 40 percent of the power energy volume. As well as systematically and comprehensively tackling various issues such as the steady promotion of nuclear fuel cycle based on the current light-water reactor, and the early practical application the fast-breeder reactor, promote the research and development of fusion energy technology.”

Figur 4-5 Japanska industridepartementet METI:s projection 2006 kring den framtida kärnkraften i Japan.



Not: Att kapaciteten här planar ut vid 58 GWe är enbart av illustrativ karaktär.

Källa: METI Nuclear Energy Policy Planning Division Dec. 2006.

⁵⁹ *New National Energy Strategy*, translation May 2006, Ministry of Economy Trade and Industry. Keizai sangyosho, Shin Kokka Enerugii Senryaku, May 2006.

Kärnkraftsstrategin detaljerades i *Japan's Nuclear Energy National Plan* som presenterades av METI i augusti 2006, för huvudpunkterna se ⁶⁰.

I september 2008 begärde japanska ministerier en ökning av 2009 års budget för kärnteknik (inkluderande fusion) med sex procent. Den begärda summan för forskning och utveckling på 491,4 miljarder yen (cirka 40 miljarder SEK i november 2008 yenkurs), fokuserar på forskning kring utvecklingen av FBRs, nästa generations lättvattenreaktorer, ITER-projektet (vars placering Japan förlorade till Frankrike 2005), och seismisk säkerhet hos kärnanläggningar⁶¹.

Vid G8-mötet i Hokkaido i juli 2008, talade före premiärministern Yasuo Fukuda om en *Low Carbon Technology Plan*. Vid en pressträff sade Fukuda att kärnkraften spelar en viktig roll och att Japan vill driva sin roll att marknadsföra japansk teknik, liksom att vidmakthålla sin politik kring icke-spridning och säkerhet.

4.9 Internationell utblick

Japan stöder en ökad användning av kärnkraft i andra länder och planerar att bli mer aktiv när det gäller samarbete med andra länder och internationella organisationer. Japan gav också sitt stöd till beslutet inom Nuclear Suppliers Group (NSG) att lyfta handelsembargot mot Indien för kärnbränsle och kärnteknisk utrustning – ett beslut som inte var självklart för Japan.

År 1976 blev Japan en part i icke-spridningsavtalet med sin säkerhetskontroll som administreras av FN:s internationella atomenergiorgan IAEA. 1999 var Japan det första landet att ratificera *Model additional protocol* med IAEA. Japan har också bilaterala säkerhetsöverenskommelser med sina stora nukleära leverantörsstater. Japan är ett av 21 partnerländer inom Global Nuclear Energy Partnership (GNEP). GNEP förslaget avser dela upp världen i "bränsleleverantörsnationer" som levererar uran som bränsle och tar tillbaka det utbrända kärnbränslet och "användarnationer" som driver kärnkraftverk.

Japan har bilaterala forskningsavtal inom kärnkraft med Australien, Kanada, Kina, Frankrike, Storbritannien, och allra senast (från den 18 april 2007) med USA. Genom avtalet med USA, *United States-Japan Joint Nuclear Energy Action Plan*, vill man bedriva forskning kring FBR, bränslecykelteknologi, simuleringar, slutförvaring och reaktor-säkerhet. År 2008 slöts vidare ett samarbetsavtal, MOU, mellan Japan, USA och Frankrike. Det ska leda till ökat samarbete och "harmonisering" av utvecklingen av nästa generations FBRs samt avhjälpa att tre olika program för reaktorutveckling drivs samtidigt.⁶²

I Asien har Japan varit drivande i Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) som etablerades 1990 och är ett regionalt ramverk för samarbete inom "peaceful and safe use of nuclear technology". Tio länder deltar; Japan, Bangladesh, China, Indonesien, Korea, Malaysia, Filippinerna, Thailand, Vietnam och Australien. Vid det åttonde FNCA ministermötet i Tokyo, december 2007, släpptes uttalandet

*Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) Joint Communiqué on the Peaceful Use of Nuclear Energy for Sustainable Development*⁶³. I detta sades att kärnkraft ska marknadsfö-

⁶⁰ <http://www.enecho.meti.go.jp/english/report/rikkokugaiyou.pdf>

⁶¹ *Nucnet Japan Budget Proposals Seek Increase In Nuclear Spending. September 11, 2008.*

⁶² "United States, France and Japan Increase Cooperation on Sodium-Cooled Fast Reactor Prototypes" <http://www.energy.gov/news/5916.htm>

⁶³ http://www.fnca.mext.go.jp/english/mini/e_08_minister_com.html

ras som en del av mekanismen för att minska den globala uppvärmningen och att kärnkraft bör inkluderas i Clean Development Mechanism (CDM). Kommunikén är den första regionala i sitt slag i världen.

Utöver PNC:s engagemang i uranbrytning i Australien och Kanada för att säkra bränsletillgången, så var japansk industri länge fokuserad enbart på hemmamarknaden. Sedan 1990 talet har dock spelplanen helt förändrats. Den förväntade internationella utbyggnaden under de närmaste 20 åren har lett till att de tre ledande industrikoncernerna inom kärnkraftsområdet – Toshiba, Mitsubishi och Hitachi – har ingått strategiska samarbeten för att bättre positionera sig inför framtida upphandlingar.

4.10 Avslutande kommentarer

Det japanska kärnkraftsprogrammet är ambitiöst, långsiktigt och innehåller ett antal aspekter som förtjänar uppmärksamhet. Inom kärnkraftsforskning ligger Japan långt framme och japansk industri kommer att spela en viktig roll (om inte den viktigaste) för en framtida internationell kärnkraftsutbyggnad. Ur svenskt tillväxtperspektiv (forskning, industri) finns anledning att följa och eventuellt samverka mer med japanska aktörer, exempelvis i frågor rörande slutförvaring och kommande generationers reaktorer. Vidare förtjänar Japans uppberedningsprogram och bränslecykelprogram en närmare granskning. Världens modernaste uppberedningsanläggning och anläggning för produktion av MOX-bränsle kommer inom en snar framtid att startas i Rokkasho-Mura. Den japanska långsiktiga satsningen på bredreaktorer och samarbetet mellan de ledande länderna, Japan, Frankrike och USA är också av stort intresse att bevakas.

5 Kina

5.1 Kärnkraft i Kina: en väg bort från kolberoendet?

Efter en period av stagnation under den senare delen av 1990-talet har Kinas energikonsumtion ökat kraftigt under senare år; uppskattningsvis med 70 procent mellan åren 2000 till 2005. Drivande i utvecklingen har varit landets höga tillväxttakt och omvälvande industrialisering. Kol, som tveklöst är landet viktigaste energikälla, har bokstavligen varit den industriella omvandlingens bränsle. I dag står den för ungefär två tredjedelar av den kinesiska energikonsumtionen. Kärnkraftens tillskott är ännu så länge litet, cirka en procent. Sammanlagt konsumerar Kina omkring 15 procent av världens energi.⁶⁴

I takt med industrialiseringen och ökade energibehovet har landets kolberoende blivit ett växande problem. En problematisk aspekt är klimatfrågan. Världens folkrikaste land, med omkring en femtedel av jordens totala befolkning, anses numera vara världens största utsläppskälla av växthusgaser.⁶⁵ Landet förväntas påverkas kraftigt av stigande globala temperaturer. Vid sidan av klimatpåverkan bidrar kolet också med andra negativa miljöföljder som partikelföroreningar och surt regn.⁶⁶

Vid sidan om direkt miljöpåverkan har den kinesiska utrikespolitiken – som fått en växande betydelse i takt med att landets internationella ambitioner stigit – präglats av att slå vakt om globalt anseende, vilket förstärker strävan att finna vägar bort från kolberoendet.

Samtidigt har kinesiska regeringen varit tydlig med att fortsatt fattigdomsbekämpning är ett mer prioriterat mål än klimatproblematiken. Minskad fattigdom sker genom fortsatt hög ekonomisk tillväxt, vilket i sin tur kräver fortsatt ökad energikonsumtion. Vägen bort från kolberoende handlar således mer om en diversifierad energimix än minskad energikonsumtion.

Ett annat dilemma gäller energisäkerhet. Kinas kol- och oljelager räcker bara dagar eller någon vecka. Inhemskt kol blir också allt mer svårbrytbart i takt med att de lättbrytbara lokaliseringarna utvinns. Dessutom är koltillgångarna belägna på platser långt från energikonsumerande befolkningscentra vilket gör transporten problematisk. (Detsamma gäller för övrigt vattenkraft, olja och naturgas). En ytterligare komplicerande omständighet är att sedan mitten av 1990-talet köps en betydande andel av oljan som konsumeras inom landet från producenter i andra delar av världen; ofta från afrikanska länder med instabila förhållanden och med osäker transport över haven, inte minst genom Malackasundet.

Ett sätt för Kina att hantera problematiken med skriande energibehov, dålig energisäkerhet och negativ miljöpåverkan är en utveckling av landets kärnkraftsprogram.

⁶⁴ Robert. E. Ebel, "China's Energy Future. The Middle Kingdom Seeks its Place in the Sun" (2005); Daniel H. Rosen & Trevor Houser, "China Energy: A Guide for the Perplexed" (2007); Information of the State Council of the People's Republic of China, "China's Energy Conditions and Policies" (2007); IEA, "World Energy Outlook 2007: China and India Insights" (2007).

⁶⁵ Netherlands Environmental Assessment Agency (2007-06-19 & 2007-06-22).

⁶⁶ En ledande företrädare för Kinas atomenergiorgan hävdade exempelvis i en intervju att "nuclear power... is clean and green energy". *China Daily*, 2005-04-07.

5.2 Ett utvecklingsperspektiv

Det var i början av år 1970 som dåvarande premiärminister Zhou Enlai meddelade att Kina skulle utveckla civil kärnkraft. Bakgrunden var bland annat rapporter om förväntad energibrist i Shanghai. "Kärnkraft borde inte enbart användas för vapen. Det borde också användas för att tjäna Kinas ekonomiska utveckling", ska Zhou ha sagt. Kina hade då sprängt sin första atombomb (1964) och sin första vätebomb (1967).⁶⁷ Uttalandet ska också ses mot bakgrund av ambitionerna att landet skulle vara självförsörjande på energiområdet.

1970-talet ägnades åt kapacitets- och kompetensuppbyggnad. Lokalisering av de första reaktorerna skedde i början av 1980-talet: Qinshan i Zhejiangprovinsen i närheten av Shanghai där man skulle utveckla en 300 MW kinesisktillverkad (PWR). Konstruktionen påbörjades några år senare och år 1991 kopplades den första reaktorn (Qinshan 1) samman med elnätet. Det var dock inte förrän 1994 som den togs i kommersiell drift.

Tabell 5-1 Kinas verksamma kärnkraftsreaktorer.⁶⁸

Reaktor	Typ	MWe netto, varje	Kommersiell drift
Daya Bay 1, 2	PWR	944	1994
Qinshan 1	PWR	279	1994
Qinshan 2,3	PWR	610	2002, 2004
Lingao 1,2	PWR	935	2002, 2003
Qinshan 4,5	CANDU	665	2002, 2003
Tianwan 1, 2	VVER	1 000	2007
Totalt (11)		8 600	

Kina blev därmed det sjunde landet i världen att mästra att bygga och driva kärnkraftsanläggningar. Man har för närvarande elva reaktorer i drift vid sex olika anläggningar. Tillsammans har de en kapacitet på 9,1 GW (8,6 GW net). Detta motsvarar i dagsläget ungefär endast 1,5 procent av den sammanlagda kapaciteten för landets elnät. De elva reaktorerna genererade år 2007 62 miljarder kW, en 14 procentig ökning från år 2006, men ändå bara 2,3 procent av elenergi 2007. Ytterligare åtta reaktorer är under uppbyggnad. Inom något år kommer sammanlagda kapaciteten att vara 17 GW, det vill säga nästan en fördubbling. Dessutom är ett antal under väldigt tidig byggfas eller ska påbörjas inom kort, vilket kommer att ytterligare öka Kinas nukleära produktionskapacitet.⁶⁹

Det får ändå sägas vara en blygsam nivå för ett land av Kinas storlek, med dess höga moderniseringsambitioner, teknikoptimism och skriande energibehov.⁷⁰ (Som jämförelse har Sverige ungefär samma kärnkraftskapacitet som Kina). Tanken är också att detta ska ändras – genom en av de snabbaste kärnkraftsutbyggnaderna världen skådat. I den kinesiska *Mellan- och långtidsplanen för kärnkraft*, som publicerades av National Development and Reform Commission (NDRC) – ett kinesiskt superministerium med ansvar för många

⁶⁷ Kinas arbete med den militära delen av kärnkraft förefaller sträcka sig tillbaka till det tidiga 1950-talet. Robert. E. Ebel, "China's Energy Future. The Middle Kingdom Seeks its Place in the Sun" (2005);66.

⁶⁸ World Nuclear Association, "Nuclear Power in China", (2007).

⁶⁹ World Nuclear Association, "Nuclear Power in China", (2008).

⁷⁰ Av alla länder med kärnkraft ska Kina ha lägst andel kärnkraft i andel av elproduktion. <http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/2008-world-nuclear-industry-status-report/2008-world-nuclear-industry-status-re-0>

långsiktiga utvecklingsfrågor – i oktober 2007, pekas utvecklingsplanerna fram till år 2020 ut. Enligt dessa planeras en fortsatt utbyggnad fram till detta årtal, motsvarande 40 GW installerad kapacitet, vilket skulle motsvara genererad elektricitet på 260–280 miljarder kWh. Det innebär en kapacitetsökning med 23 GW jämfört med de cirka 17 GW för de enheter som i dagsläget är i bruk och under konstruktion och att kärnkraft uppskattningsvis skulle motsvara cirka fyra procent av landets totala elkraftskapacitet.⁷¹

Dessutom avser man enligt utvecklingsplanen ha ytterligare 18 GW:s kapacitet under konstruktion år 2020 så att några år in på årtiondet skulle Kina ha 58 GW installerad kärnkraftskapacitet.

Hittills har kärnkraftverk huvudsakligen byggts utefter kusten. Att kolfyndigheterna är placerade i inlandet och att kuststräckan är befolkningstätare och ekonomiskt mer utvecklad har varit bidragande anledningar. Att man haft återkommande akuta energibrister i några större kuststäder, som till och med lett till elavbrott, har också varit en pådrivande kraft för diskussioner om utbyggnad av kärnkraften, särskilt efter kuststräckan med ett färre antal reaktorer i inlandet.⁷² (Förnybar energi ska ses som lösningen, vid sidan av kol, för mindre tätbefolkade delar).

5.3 Expansion och ytterligare expansion

Med de expansionsplaner som finns i långtidsplanen för kärnkraft, som skulle gälla fram till 2020, skulle kapaciteten fram till samma år öka till omkring 40 GW. Detta skulle ske till en kostnad av uppskattningsvis 50 miljarder USD. I mars 2008 tillkännagav den då nybildade State Energy Bureau, som lyder under det mäktiga NDRC, att målsättningen för kärnkraftens elkraftsproduktion år 2020 utökats till minst 50 GW, eller motsvarande fem procent av total produktionskapacitet. En direkt bakgrund till beslutet att skala upp produktionen var de omfattande problem som elnätet drabbades av i anslutning till en köldknäpp som sammanföll med det kinesiska nyåret.⁷³

Redan i juni 2008 menade China Electrical Council att man räknade med 60 GW:s total kapacitet för kärnkraften år 2020.⁷⁴ Det har också spekulerats om inte 70 GW är en mer trolig, men inofficiell målsättning för 2020.

De utökade planerna ska främst ses som tidigareläggande av redan planerade reaktorer. Dessutom har kapaciteten för vissa projekt skalats upp. Exempelvis skulle ett planerat kärnkraftverk i Taishan i Gunagdong ursprungligen ha utrustats med sex 1 000 MWe reaktorer, men kommer nu att byggas för att ha en kapacitet av 1 650 MWe, och det första reaktorparet till och med 1 700 MWe. Man siktar också nu på att i första hand expandera antalet reaktorer på redan befintliga platser, snarare än att bygga kärnkraftverk på nya platser, för att inte förlora tid.

⁷¹ NDRC, "Zhong guo he dian zhong chang qi fa zhan gui hua – Mid- and Long-term Development Plan for Nuclear Power (2005–2020)", (2007).

⁷² http://www.platts.com/Nuclear/highlights/2008/nucp_nw_041008.xml

⁷³ China Daily, 2008-03-24.

⁷⁴ World Nuclear Association, "Nuclear Power in China" (2008).

Tabell 5-2 Kinas kärnreaktorer under konstruktion, eller inom kort påbörjad konstruktion.

Reaktor	Typ	MWe netto, varje	Byggstart	Beräknad kommersiell drift
Lingao 2 (enheter 3, 4)	CPR-1 000	1080	dec.05, maj 06	2010, 2011
Qinshan 4 (enheter 6, 7)	CNP 600	650	apr. 06, jan. 07	2011, 2012
Hongyanhe 1 (enheter 1-4)	CPR-1 000	1080	aug. 07, apr. 08 mars 09, juli 10	2012-2014
Ningde 1 (enheter 1, 2)	CPR-1 000	1080	feb. 08, sept. 08	2012, 2013
Yangjiang 1 (enheter 1, 2)	CPR-1 000	1080	sept. 08, feb. 09	2013, 2015
Fujing 1	CPR-1 000	1080	aug. 08	2013, 2014
Sanmen 1 (enheter 1, 2)	AP 1 000	1100	mars 2009	2013, 2014
Haiyang (enheter 1, 2)	AP 1 000	1100	sept. 2009	2014-2015
Taishan 1	EPR	2x1700	sept. 09, jan. 10	2013, 2015
Shidaowan	HTR	200	tidigt 2009	2013
Fangjiashan (Qinshan 5)	CNP 1000 CPR 1 000	1000/ 1080	juni 2009	2013, 2014
Totalt (23)		24 400		

Not: bred text = har kunnats fastställas att byggnation påbörjats.

Osäkerheten kring vilken kapacitet som eftersträvas beror sannolikt på att den egentliga målsättningen förefaller vara att kärnkraft ska stå för minst fem procent av landets energi-produktion 2020,⁷⁵ men att det råder osäkerhet om hur stor den sammanlagt kommer att vara då det förväntade energibehovet ständigt ökar.

Hur realistiskt det är att Kina lyckas nå närmare 70 GW redan 2020 är svårt att bedöma. De 40 GW som nämns i planen fram till 2020 bör kunna uppnås. Sådana bedömningar brukar i kinesisk tradition ligga i underkant av vad man ser som möjligt. (Förväntningar hålls nere så att man ska lyckas uppnå och till och med överträffa uppställda mål – dessutom finns en säkerhetsmarginal för misslyckande). Vad som talar för att man också ska nå 60–70 GW är att Kina har en historia av stora tekniska åtaganden genomförda under nationell kraftsamling. Tidsmässigt näraliggande exempel är Three Gorges Dam och den snabba utbyggnaden av telekom i Kina. Det som särskilt talar emot möjligheterna är att kärnkraftsteknologi är en i tiden mycket utdragen process som kräver hög utvecklingsnivå. IEA bedömde till och med de 40 GE som ambitiösa utifrån landets utvecklingsnivå, de långa konstruktionstiderna och de flaskhalsar i produktionen som kommer att medföra avsevärda förseningar.⁷⁶

⁷⁵ Enligt pressmeddelande från Xinhua:

http://www.upi.com/Energy_Resources/2008/06/27/China_may_push_for_more_nuclear_power/UP-I-70841214607021/

⁷⁶ IEA, "World Energy Outlook 2007", (2007).

Även historien ger anledning till skepsis. År 1985 meddelade exempelvis Kina att de planerade att ha 20 GW installerad kapacitet vid millenniumskiftet men man uppnå enbart cirka tio procent av det.⁷⁷ En annan bromsande faktor, som vi återkommer till, är att säkerhetsaspekterna fått allt större betydelse samtidigt som medvetandet ökat om bristerna i nuvarande system.⁷⁸

Siffrorna är ändå bara att betrakta som etappmål. År 2030 ska Kina, enligt NDRC, ha en installerad kapacitet på 130–160 GW, och kommer sannolikt vara världens största kärnkraftsland i meningen produktionskapacitet. Analytiker spekulerar i om inte även siffran för 2030 ska ses som ett delmål mot 2050 då 200–300 nya anläggningar jämfört med i dag ska finnas på plats.

Som ett tecken på expansionen och den utökade civila användningen av kärnkraft överfördes nyligen ansvaret för kärnkraftssektorn från den tidigare Commission of Science, Technology, and Industry for National Defense till den nybildade National Energy Bureau, som ligger inom superministeriet NDRC, som haft ansvar för de flesta övriga energi-relaterade frågorna.

5.4 Tekniknationalism versus utländsk högteknologi

Redan när beslutet fattades på 1970-talet att Kina skulle utveckla ett civilt kärnkraftsprogram var en målsättning att man ska designa och utrusta reaktorerna på egen hand. Ända fram till i dag har det dock pågått en diskussion inom ledande kretsar vilken roll utländsk teknologi ska ha, då den har setts som säkrare och mer avancerad (mer om detta nedan).

I den gällande utvecklingsplanen för kärnkraft uttrycks, något motsägelsefullt, att man avser att *”huvudsakligen förlita oss på oss själva samt samarbeta med utländska aktörer”*. Intrycket är att Kina så långt som möjligt ska kunna förlita sig på inhemsk kompetens och produktionskapacitet, med målsättningen att uppnå spetskompetens i ett globalt perspektiv. Med rådande planer för expansion och den höga teknologinivå som Kina önskar är det inte möjligt att kunna genomföra programmet enbart genom inhemsk kompetens och produktionskapacitet, utan man måste, något ovilligt, förlita sig på inköp av utländsk. Att dessutom hög säkerhetsnivå tillhör de prioriterade områdena driver också besluten mot ökad import (det finns dock lite information om kinesiska säkerhetsbestämmelser inom kärnkraft). Kinesiska myndigheter har sedan tidigare dåligt rykte när det gäller säkerhetsfrågor, även för mindre komplicerade saker än kärnkraft (mat och medicin för att nämna två exempel).

I dagsläget har Kina en designkapacitet på 0,3 samt 0,6 GWs tryckvattenreaktorer (PWR). Kina kan också designa större delen av 1,0 GW tryckvattenreaktorer. Vad det gäller produktion av utrustning kan Kina självständigt tillverka över 80 procent (utifrån kostnad) av utrustningen för 0,3 GW (PWR) och över 70 procent av 0,6 MW (PWR). Fram till 2020 siktar landet på att kunna designa, producera, bygga och driva 1,0 GWs reaktorer (som jämförelse krävs tre miljoner ton kol per år för ett kolkraftverk att uppnå samma *effekt*). Det ska ske på ett sådant sätt att man är på nivå med avancerad internationell standard, inklusive säkerhet, och att man vid tidpunkten har en nationell kärnkraftsindustri.

⁷⁷ <http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/2008-world-nuclear-industry-status-report/2008-world-nuclear-industry-status-re-0>. För en skeptisk rapport, se Schneider, Mycle & Antony Fregatt, *“The World Nuclear Industry Status Report 2007”*, (2008).

⁷⁸ Se intervju i *New York Times*, 2005-01-15.

Man ser PWR som den huvudsakliga framtida reaktortypen men inte den enda. Det är också uppenbart att Kina eftersträvar att tillägna sig kompetens att designa och uppföra den säkrare, billigare och energieffektivare tredje generationens reaktorteknologi. (Samtliga landets elva reaktorer tillhör i dagläget första- eller andra generationen). Kina gör heller ingen hemlighet av att man avser att skaffa sig kunskapen från andra länder, huvudsakligen genom inköp där teknologiöverföring ingår i ”paketet”. År 2007 grundades State Nuclear Power Technology Corp. (SNPTC) som har huvudansvaret för att Kina införskaffar kunskap att bygga tredje generationens reaktorer. SNPTC lyder direkt under den kinesiska regeringen.

Inom centrala delar av det kinesiska kärnkraftsetablissemang pågick fram till beslutet en flera år lång kamp om man, trots allt, skulle ha en inhemsk kärnkraftsindustri som överordnat mål. Striden vanns av SNPTC, som förordnade snabb utbyggnad med stöd av utländsk teknologi. Utveckling av en inhemsk 1 000 MWe reaktor, som tidigare annonserats av China National Nuclear Corporation (CNNC), ses dock inte som särskilt trolig eller åtminstone starkt skjuten på framtiden.

Historiskt har kärnkraftsteknologi huvudsakligen importerats till Kina från Frankrike, Kanada och Ryssland. Den inhemska kinesiska teknikutvecklingen på området har till stora delar byggts upp från fransk teknologi. De två första reaktorerna i Daya Bay och Qinshan var franska respektive kinesiska.

Reaktorerna i Lingao, som togs i bruk i början av 2000-talet, var nästan identiska med de i Daya Bay, det vill säga fransk teknologi (Framatome ANP), men denna gång med 30 procent kinesiskt bidrag. Qinshan 2 och 3 är kinesiskbyggda, medan enheter 4 och 5; tungvattenreaktorer av typ CANDU, byggdes av Atomic Energy of Canada. Tianwan 1 och 2 byggdes av ryska leverantörer som ett resultat av det största rysk-kinesiska samarbetsavtalet någonsin. Vissa delar av reaktorerna (bl a kontrollsystemen) kommer från Siemens-Areva. I den andra fasen av utbyggnaden av Lingao var det fransk teknologi, medan fjärde fasen i Qinshan (reaktorer 6 och 7) skulle göras utifrån huvudsakligen inhemsk teknologi. Som tidigare nämnts tror man dock inte längre att detta är möjligt – åtminstone inte inom ursprungliga tidsramar.

Under senare tid har mycket av teknologin upphandlats från USA genom Westinghouse. Westinghouse har dock under senare år fått en svagare koppling till USA. Ett viktigt skäl bakom japanska Toshiba's 5,4 miljarder USD uppköp av Westinghouse (77 procent) år 2006 var förväntningar om Kinas utbyggnad av kärnkraft under kommande årtionden.⁷⁹

I september 2004 godkände regeringen planerna för två enheter vid Sanmen, följt av ytterligare sex vid Yangjiang. De annonserades sedan för internationell budgivning. Tre bud inkom: från Westinghouse (AP-1000 reaktorer), franska Areva (EPR) och ryska AtomStroyExport (V-392 utvecklad från WER-1000).

Officiellt avgörs budgivningen inom SNPTC. Faktorer som hur avancerad tekniken är, prisbild, andel som ska tillverkas i Kina och tekniköverföring ska ligga bakom beslut av val av importerad kärnkraftsteknologi. Besluten är dock även, enligt initierade bedömare, till stora delar en politisk process som avgörs på högsta politiska ort och där internationella

⁷⁹ Följande stycken bygger huvudsakligen på World Nuclear Association, "Nuclear Power in China", (2008).

politiska relationer spelar en betydelsefull roll för valet.⁸⁰ (Exempelvis ska tidigare val av ryska reaktorer avgjorts av Rysslands villighet att låta kineserna ta del av energitillgångar i Sibirien.)

Areva och Westinghouse valdes ut på en ”shortlist” med sina tredje generationsreaktorer. I processen ska även en kinesisk utvecklare, CNNC, gjort framstötter med sina andra generationsreaktorer, som man i femårsplanen för 2001–2005 beslutat skulle byggas på andra platser. I december 2006 tillkännagav SNPTC att Westinghouse vunnit budet att bygga de fyra enheter som kinesisk regeringen lagt ut för budgivning (nu hade den geografiska placeringen av det ena reaktorparet flyttats).

Utrikespolitisk hänsyn i kombination med att Westinghouse skulle tillåta en omfattande tekniköverföring förefaller ha spelat störst roll i konkurrensen med Areva. Köpet av AP-1000 reaktorerna ger Kina tillgång till avancerad tredje generationsteknik som kommer att erbjuda Kina en teknologiplattform för egen framtida kärnkraftsutveckling. Kontraktet färdigställdes mer i detalj sommaren 2007.

Det innebär inte att fransk och annan utländsk teknologi är ett avslutat kapitel. Några månader efter att kontraktet med Westinghouse färdigställts, i anslutning till president Sarkozys officiella kinabesök, meddelade China Guangdong Nuclear Power Corporation (CGNPC) att de undertecknat ett åtta miljarder euro kontrakt med franska AREVA om att tillhandahålla utrustning till två ytterligare reaktorer (PWR) i Taishan i Guangdong-provinsen. Bygget av de två 1,7 GW-reaktorerna kommer att påbörjas hösten 2009 och de ska, enligt planerna, tas i drift år 2014. Även här ska tekniköverföring ha varit en del av kontraktet.⁸¹ (Rykten gör dock gällande att visst grus i maskineriet kommit i processen då kineserna förväntat sig mer teknologioverföring än fransmännen varit villiga till) Kina undertecknade också i november 2007 fyra samarbetsavtal med Ryssland om kärnkraftsutveckling. Sannolikt kommer framtiden präglas av fortsatt konkurrens, där även kinesiska producenter kommer att flytta fram sina positioner över tid.

Om situationen på den internationella arenan präglas av konkurrens är sannolikt konkurrenssituationen bland de inhemska aktörerna ännu intensivare. Det finns tre (statliga) företag som, sedan 2007, tillåts äga (majoritet) och driva kärnkraftsverk: CNNC, CGNPC och China Power Investment Corporation (CPI). De kinesiska aktörerna har också specifika teknologiprioriteringar. CGNPC föredrar fransk teknologi, CNNC har varit främst inriktad på att utveckla den inhemska teknologin och CPI har föredragit den amerikanska.

5.5 Bränsletillgång och -cykel

På kort sikt har Kina tillräckligt med eget uran för att kunna leverera till sina egna reaktorer. De fem gruvorna har en nominell kapacitet att kunna leverera 840 ton uran per år. Dessutom finns tankegångar att öppna ytterligare gruvbrytning. Kinesiska tillgångar räknas dock i ett internationellt perspektiv som låggradigt och produktionen har varit ineffektiv. I dagsläget importerar man hälften av det bränsle man behöver, framför allt från Kazakstan (som avser att vara världens största uranproducent inom några år), Ryssland och Namibia. Under senare delen av 2008, eller möjligen början av år 2009, kommer man även att importera från Australien. Kina ska också försöka skapa en gruva i Niger och man undersöker

⁸⁰ Respektive lands regeringar gav fullt ekonomisk uppbackning för byggandet. Exempelvis godkände The US Export-Import bank, trots en lång politisk debatt om det riktiga i att exportera denna typ av högteknologi till Kina, ett lån på 5 miljarder USD för Westinghouse' bud.

⁸¹ China Daily, 2008-08-05.

fyndigheter i Uzbekistan, Mongoliet, Kirgizistan, Algeriet, Centralafrikanska republiken och Namibia. Även Kanada och Sydafrika ses som presumtiva framtida leverantörer. Flera av råvaruleverantörerna, presumtiva och reella, har tillkommit som del av avtalen med de utländska reaktorteknologileverantörerna, vilket sannolikt är ett sätt att säkerställa tillgång till bränsle vid en förväntad ökad efterfrågan. Exempelvis köpte ett av de kinesiska företagen, CGNPC, i slutet av år 2007, 35 procent av UraMin; den sydafrikanske gruva som AREVA köpte in tidigare samma år som del av ett kontrakt med den franska partnern som innefattade bygget av de två nämnda reaktorerna i Taishan.⁸² Andra har tillkommit som resultat av att kinesiska företag i allt ökad utsträckning äger egna gruvbrytningsrättigheter utomlands. Sammantaget litar Kina i allt högre utsträckning på import av uran som bränsle för kärnkraftsprogrammet. De säkerhetspolitiska aspekterna på ökad global efterfrågan på kärnbränsle är avsevärda.

Den första kinesiska anrikningsanläggningen var militär och togs i bruk 1964. Åren 1980–1997 var den i kommersiellt bruk. Det finns för närvarande ett flertal anrikningsanläggningar i landet. Målet är att vara självförsörjande inom bränsleproduktion. Man har också ett flertal expansionsplaner, såväl vad gäller gruvbrytning som anrikningsanläggningar. I de överenskommelser med Ryssland som Kina gjorde 2007 ingick bland annat att bygga en urananrikningsanläggning i Kina, till en uppskattad kostnad av en miljard USD. Trots att man avser att vara självförsörjande ska bränslet till Taishanreaktorerna produceras i Frankrike.

5.6 Avfall

Man förväntar sig att omkring år 2010 kommer Kina att årligen producera 600 ton använt kärnbränsle. År 2020 kommer detta att ha stigit till 1 000 ton.⁸³ I Beishan Mountain, som ligger i det centralasiatiska ökenområdet, avser Kina att långsiktigt deponera sitt kärnavfall. Området är mycket ödsligt med enbart nomadiserande mongoliska herdefolk som invånare. Än så länge har arbetet med att förbereda deponeringen inte kommit så långt men det har nu påskyndats som ett resultat av planerna på att intensifiera utbyggnaden av kärnkraften i Kina.

Troligen kommer Kina i framtiden i hög utsträckning behöva utländsk kompetens när det gäller skapa en mer industrialiserad behandlingsprocess för radioaktivt avfall. I vissa sammanhang har man lyft fram management, säkerhet, geologifrågor och tekniska instrument som tänkbara områden för ökat internationellt utbyte inom avfallsområdet.⁸⁴

5.7 Forskning och utveckling

Ursprungligen var all kinesisk forskning om kärnkraft militär. Redan 1966 fanns en militär forskningsreaktor, som också producerade plutonium för militärt bruk, utanför Jiuqian i provinsen Gansu. I dag har Kina 15 fungerande forskningsreaktorer, från 15 MW till 125 MW. Även här är det utländska inslaget slående. I slutet av oktober 2008 grundade China National Nuclear Power Technology tillsammans med SNPTC ett forskningscentrum vid Tsinghua University. Syftet är att understödja framtagandet av tredje generationens tryckvattenreaktorer (PWR). Lokaliseringen kommer att bli i närheten av Tsinghuas University Nuclear Power Research Institute, cirka 40 km utanför Peking.

⁸² <http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/2008-world-nuclear-industry-status-report/2008-world-nuclear-industry-status-re-0>

⁸³ World Nuclear Association, "Nuclear Power in China", (2008).

⁸⁴ Framkom vid möte med en chefsingenjör inom CNNC.

NDRC stöttar särskilt forskning kring att mer effektivt kunna utnyttja uran och möjligen även thorium. Man har också ett omdebatterat fusionsforskningsprogram.⁸⁵

5.8 Säkerhet

Kinesiska myndigheter har, som nämnts, dåligt rykte vad gäller säkerhetsfrågor, även för mindre komplicerade saker än kärnkraft. Enligt det internationella atomenergiorganet IAEA, ska alla olyckor som klassas som nivå två eller högre rapporteras till dem. Det är inte självklart att man historiskt följt sådana inrapporteringsprocedurer. I Kina finns åtminstone några kända tillbud: år 1998 ska en incident ha inträffat i Qinshan 1 (0,3GWe, belägen 100 km söder om Shanghai). Hur allvarlig denna olycka var är det svårt att avgöra, men den ska ha påverkat driften i mer än ett år efter inträffandet. Officiellt beskrevs den inledningsvis som ”svetsproblem”, men ska enligt senare uppgifter ha berört viktiga muttrar till reaktorn som ska ha lossnat under högt vattentryck. Dock ska Kina ha rapporterat tillbudet till Japan, som man hade ett rapporteringsavtal med.⁸⁶ En brand som ska ha brutit ut vid kärnkraftverket i Tianwan i slutet av augusti 2008, tvingade den rysktillverkade reaktor 1 att stänga. Kinesiska myndigheter rapporterade incidenten som ringa och att ingen radioaktivitet ska ha läckt ut.⁸⁷ Vid jordbävningen i Sichuan ska Kinas eget säkerhetsorgan för kärnkraft, som lyder under Miljöministeriet, ha gått in i nödläge. Att förhindra att dricksvattnet kontaminerades var högsta prioritet. Kina ska ha en forskningsreaktor, två anrikningsanläggningar samt två kärnvapenanläggningar i provinsen. Kina rapporterade ”mindre skador” på anläggningarna.⁸⁸

5.9 Export

Kina har sedan tidigare (1990 och 2000) skrivit under avtal med Pakistan om export av två mindre reaktorer, Chasma 1 & 2. Oktober 2008 skrev man under avtal om export av två nya reaktorer till Pakistan, Chasma 3 & 4. Ett dilemma är att Kina år 2004 gick med i Nuclear Suppliers' Group (NSG), som har ett embargo på export av kärnvapentechnologi till Pakistan. Det ryktas om att Vietnam och Indonesien vänt sig till Peking om teknologistöd för att bygga kärnkraftverk. Ett samarbetsavtal ska också finnas med Jordanien, men osäkerhet råder om dess omfattning.

I princip anser Kina att alla länder har rätt till att bygga ut kärnkraft för civilt bruk. Kina följer i dag de icke-spridningsavtal av vapen som finns, framför allt då landet insett att det gynnar dem säkerhetspolitiskt. Däremot är Kina den av FN:s fem permanenta medlemmar i säkerhetsrådet som rustar upp snabbast.⁸⁹

5.10 Avslutande kommentarer

Kommer Kina att under överskådlig framtid vara vid den teknologiska frontlinjen i utvecklandet av nya kärnkraftsreaktorer? Troligtvis inte, men det är heller inte syftet bakom den expansiva utvecklingen av kärnkraften, åtminstone inte på kort sikt. I stället handlar det om att skaffa en mer diversifierad energimix, minska utsläppen av koldioxid och att uppnå en bättre balansering i energitillgång och efterfrågan. Trycket i efterfrågan gör att utbyggnadshastighet getts större betydelse än inhemsk teknologitveckling.

⁸⁵ <http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2008/November/19110801.asp>

⁸⁶ <http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/386285.stm>

⁸⁷ <http://www.sinodefence.com/nuclear/report/report20sept08.asp>

⁸⁸ http://www.usatoday.com/news/world/2008-05-17-china-nuclear_N.htm

⁸⁹ <http://www.dn.se/DNet/jsp/polopoly.jsp?d=148&a=777258>

Även om man på kort sikt inte förmår utveckla egna reaktorer för att möta de målsättningar som satts upp på nationell nivå, förefaller ändå Kina se fasen av utländskt teknikberoende som tillfällig och som en möjlighet att på längre sikt kunna konstruera och driva kärnkraftverk på egen hand.

Referenser

Se också enskilda fotnoter

Kapitel 1 och 2

Litteratur

Azar, Christian, Sambandet mellan vapen och kärnkraft, *FOI Framsyn* (2005)

IPCC, Special Reports on Emission Scenarios, (2000)

ITPS, Going Energy Efficient- Japanese strivings and efforts, *PM2007:005* (2007)

–, Konsten att nå både klimatmål och god tillväxt – Underlag till en klimatstrategi för EU, *A2008:008*, (2008)

Jeremy, Carl, et. al. Energy and India's Foreign Policy, *Working paper # 75 Program on Energy and Sustainable Development* (2008)

KPMG, Indian Energy Conclave: India Energy Inc. – Emerging Opportunities and Challenges, (2007)

Lovins, Amory B. et. al., Forget Nuclear, (2008)

Ogawa, Shinichi, A Nuclear Japan Revisited, *The National Institute for Defense Studies New*, April 2003 (No. 64)

Ramana, M.V., Indian Nuclear: Failed Past and Dubious Future, (2008)

–, More Missiles than Megawatts, (2008)

–, Nuclear Energy in India: Failed Past and Dubious Future, (2008)

Schade, Burkhard & Tobias Wiesenthal, Comparison of Long-Term World Energy Studies Assumptions and results from four world energy models. Assumptions and results from four world energy models, *JRC Rapport EUR 22938 EN – 2007* (2007)

Tidningsartiklar

International Herald Tribune, 2006-03-12

The Times, 2008-03-17.

Internet

ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/weto-h2_en.pdf

<ftp://ftp.jrc.es/pub/EURdoc/eur22938en.pdf>

http://iis-db.stanford.edu/pubs/22176/PESD_working_paper_75_India_Energy__Policy.pdf

http://news.bbc.co.uk/2/hi/south_asia/3123249

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/386285.stm>

<http://sydsvenskan.se/lund/article383370/Alfa-Laval-surfar-pa-kinesisk-karnkraftsvag.html>

<http://www.analys.se/lankar/karnkraft/Varlden/Olikaprocent20reaktortyper/Reaktortyper.pdf>

http://www.foi.se/FOI/templates/Page____484.aspx
http://www.geocities.com/m_v_ramana/nuclear.html
http://www.iea.org/textbase/speech/2006/nvh_nuclear.pdf
<http://www.iht.com/articles/2006/03/16/opinion/edvictor.php>
<http://www.rmi.org/sitepages/pid467.php>
<http://www.sinodefence.com/nuclear/report/report20sept08.asp>
<http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/2008-world-nuclear-industry-status-report/2008-world-nuclear-industry-status-re-0>
<http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>
www.npec-web.org/Essays
www.spectrum.ieee.org/jul07/5277

Kapitel 3

Litteratur

GoI 2005, Draft Report on the Expert Committee on Integrated Energy Policy
GoI 2006, Report of the Steering Committee on Science and Technology for Eleventh Five Year Plan (2007-2012)
GoI 2008, A Strategy for Growth of Electrical Energy in India,
GoI 2008, National Action Plan for Climate Change – Technical Appendix
Raj, Prasad et. al., Radioactive waste management practices in India. *Nuclear Engineering and Design*, 236, pp 914-930, (2006)
Ramana, M.V., Indian Nuclear: Failed Past and Dubious Future, (2008)
–, Nuclear Power in India: Failed Past, Dubious Future, (2008)

Tidningsartiklar

The Hindu, 2008-12-06

Internet

http://news.bbc.co.uk/2/hi/south_asia/3000991.stm
<http://www.dae.gov.in>
<http://www.dae.gov.in/publ/3rdstage.pdf>
<http://www.dae.gov.in/publ/doc10/index.htm>
<http://www.hindu.com/2008/12/06/stories/2008120656511200.htm>
<http://www.npcil.nic.in>
www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/negen.html
www.npec-web.org/Essays/Ramana-NuclearPowerInIndia.pdf

Kapitel 4

Litteratur

- Citizens' Nuclear Information Center (CNIC), Cost of Nuclear Power in Japan, (2006)
- Council for Nuclear Fuel Cycle Management, Plutonium management in Japan
- Japan Atomic Energy Commission, White Paper on Nuclear Energy, (2007)
- Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan's Nuclear Energy National Plan, (Aug. 2006)
- , New National Energy Strategy, (May 2006)
- , Nuclear Energy Policy Planning Division, (Dec. 2006)
- Nucnet*, Japan Budget Proposals Seek Increase In Nuclear Spending, (*September 11, 2008*)
- UD (Magnus Holm), Japans Energisituation, PM 2008-09-2,
- World Nuclear News, New Japanese nuclear power reactors delayed, (March 28, 2008)
- Presentation av Ichiro Maeda, juni 2006, TEPCO, Tokyo Electric Power Company
TEPCO, Tokyo Electric Power Company.

Tidningsartiklar

Japan Times, 2007-09-04

Internet

- <http://www.armscontrol.org/print/1901>
- <http://www.cnfc.or.jp/e/arsenal/index.html>
- <http://www.enecho.meti.go.jp/english/report/rikkokugaiyou.pdf>
- <http://www.enecho.meti.go.jp/english/report/rikkokugaiyou.pdf>
- <http://www.energy.gov/news/5916.htm>
- http://www.fnca.mext.go.jp/english/mini/e_08_minister_com.html
- <http://www.gengikyo.jp/english/status/ChartOfPowerPlant.html>
- <http://www.energy.gov/news/5916.htm>
- http://www.ieer.org/sdfiles/vol_9/9-4/rokkasho.html
- <http://www.nautilus.org/fora/security/0695Suzuki.html>
- <http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/2008-world-nuclear-industry-status-report/2008-world-nuclear-industry-status-re-0>
- <http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html>
- <http://www.yomiuri.co.jp/e-japan/aomori/news/20081031-OYT8T00843.htm>

Övrigt

- Intervju med Kazuaki Toyama Chief & Masaomi Koyama Deputy Director, Nuclear Energy Policy Planning Division, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan
- Intervju med Pierre Yves Cordier, Conseillier Nucléaire, Embassy of France, Japan

Kapitel 5

Litteratur

Ebel, Robert. E., China's Energy Future. The Middle Kingdom Seeks its Place in the Sun, (2005)

IEA, World Energy Outlook 2007: China and India Insights (2007)

Information of the State Council of the People's Republic of China, China's Energy Conditions and Policies, (2007)

NDRC, Zhong guo he dian zhong chang qi fa zhan gui hua – Mid- and Long-term Development Plan for Nuclear Power (2005-2020), (2007)

Netherlands Environmental Assessment Agency, pressmeddelanden, (2007-06-19 & 2007-06-22)

Rosen, Daniel H. & Trevor Houser, China Energy: A Guide for the Perplexed, (2007)

Schneider, Mycle & Antony Fregatt, The World Nuclear Industry Status Report 2007 (2008).

World Nuclear Association, Nuclear Power in China, (2007)

World Nuclear Association, Nuclear Power in China, (2008)

Tidningsartiklar

China Daily, 2005-04-07

–, 2008-03-24

–, 2008-08-05

New York Times, 2005-01-15

Internet

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/386285.stm>

<http://www.dn.se/DNet/jsp/polopoly.jsp?d=148&a=777258>

http://www.platts.com/Nuclear/highlights/2008/nucp_nw_041008.xml

<http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2008/November/19110801.asp>

<http://www.sinodefence.com/nuclear/report/report20sept08.asp>

<http://www.thebulletin.org/web-edition/reports/2008-world-nuclear-industry-status-report/2008-world-nuclear-industry-status-re-0>

http://www.upi.com/Energy_Resources/2008/06/27/China_may_push_for_more_nuclear_power/UPI-70841214607021/

http://www.usatoday.com/news/world/2008-05-17-china-nuclear_N.htm

Övrigt

Möte med en chefsingenjör inom CNNC

ITPS, Institutet för tillväxtpolitiska studier, är en statlig myndighet med uppdrag att bidra med kunskapsunderlag för tillväxtpolitiken.

ITPS har definierat fyra tillväxtpolitiska utmaningar för Sverige:

- Globalisering och internationalisering
- Regional tillväxt
- Näringslivets dynamik
- Teknisk utveckling

Verksamhet och arbetsuppgifter är fördelade inom tre avdelningar och tre kunskapsområden:

- Avdelningen för tillväxtanalys och statistik beskriver och analyserar tillväxten och dess drivkrafter i Sverige.
- Avdelningen för utvärdering redovisar resultatet av den politik som genomförs.
- Avdelningen för omvärldsanalys bevakar och analyserar händelser i omvärlden som kan komma att få betydelse i Sverige.

Uppdragsgivare är regeringen. I uppdraget ingår att sprida kunskapen till nationella, regionala och lokala tillväxtpolitiska aktörer.

ITPS har sitt huvudkontor i Östersund och verksamhet i Stockholm, Peking, Tokyo, New Delhi, Los Angeles/San Francisco, Washington och Bryssel.