



## Kernekraft og nuklear sikkerhed 2007

Lauritzen, Bent; Ølgaard, Povl Lebeck

*Publication date:*  
2008

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*

Lauritzen, B., & Ølgaard, P. L. (red.) (2008). Kernekraft og nuklear sikkerhed 2007. Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi. Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R, Nr. 1647(DA)

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Kernekraft og nuklear sikkerhed 2007

Redigeret af B. Lauritzen og P.L. Ølgaard

Risø-R-1647(DA)



**Forfatter:** Bent Lauritzen og P.L. Ølgaard (red.), D. Kampmann,  
B. Majborn, E. Nonbøl og P.E. Nystrup  
**Titel:** Kernekraft og nuklear sikkerhed 2007  
**Afdeling:** NUK

**Resume:**

Rapporten er den femte rapport i en serie af årlige rapporter om kernekraft og nuklear sikkerhed. Rapporten er udarbejdet af medarbejdere ved Risø DTU og Beredskabsstyrelsen. Den omhandler den internationale udvikling inden for kernekraft med særlig vægt på sikkerhedsmæssige forhold og nukleart beredskab. Rapporten for 2007 dækker følgende emner: Status for kernekraftens el-produktion, regionale tendenser, reaktorudvikling, sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft samt internationale forhold og konflikter.

**Risø-R-1647(DA)**  
**Maj 2008**

**ISSN 0106-2840**  
**ISSN 1604-4177**  
**ISSN 1603-9408**  
**ISBN 978-87-550-3681-9**

**Kontrakt nr.:**

**Gruppens reg. nr.:**

PSP 10008-04

**Sponsorship:**

**Forside :**

Modelbillede af Finlands femte kernekraftenhed, Olkiluoto-3 (til venstre i billedet). På billedet ses de to eksisterende enheder på Olkiluotoværket, samt en projekteret fjerde enhed på værket (øverst i billedet).

**Sider: 46**

**Tabeller:**

Afdelingen for Informationsservice  
Risø DTU  
Danmarks Tekniske Universitet  
Postboks 49  
4000 Roskilde  
Danmark  
Telefon 46774004  
[bibl@risoe.dtu.dk](mailto:bibl@risoe.dtu.dk)  
Fax 46774013  
[www.risoe.dtu.dk](http://www.risoe.dtu.dk)

# Indhold

## **Forord 4**

### **1 International kernekraftstatus 5**

1.1 Kernekraftens el-produktion 5

1.2 Regionale tendenser 9

### **2 Reaktorudvikling 28**

### **3 Nuklear sikkerhed 33**

3.1 Sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft 33

3.2 Internationale forhold og konflikter 35

**APPENDIKS A: INES, den internationale skala for uheld på nukleare anlæg 39**

**APPENDIKS B: Internationale organisationer 41**

**APPENDIKS C: Anvendte forkortelser 44**

# Forord

”Kernekraft og nuklear sikkerhed 2007” er den femte rapport i en serie af årlige rapporter om kernekraft og nuklear sikkerhed. Rapporten er udarbejdet i samarbejde mellem Risø DTU og Beredskabsstyrelsen. Den har til formål at informere myndigheder, medier og offentlighed om den internationale udvikling inden for kernekraft med særlig vægt på sikkerhedsmæssige forhold og nukleart beredskab.

Rapporten for 2007 dækker følgende emner: Status for kernekraftens el-produktion, regionale tendenser, reaktorudvikling, sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft samt internationale forhold og konflikter.

Følgende medarbejdere fra Risø DTU og Beredskabsstyrelsen (BRS) har bidraget til denne rapport med de afsnit, der er nævnt i parentes efter deres navn:

Dan Kampmann	BRS (2.2 og 3.1)
Poul Erik Nystrup	BRS (1.2)
Bent Lauritzen	Risø (1.1 og 1.2)
Benny Majborn	Risø (1.2)
Erik Nonbøl	Risø (1.1 og 2.1)
Povl L. Ølgaard (konsulent)	Risø (1.2)

# 1 International kernekraftstatus

## 1.1 Kernekraftens el-produktion

Kernkraft udgør ca. 7% af den globale, primære energiforsyning og 15% af den samlede elproduktion. Kernkraft benyttes i dag i 31 lande, fortrinsvis i de industrialiserede lande i Nordamerika, Europa og det sydøstlige Asien. Da kernkraftværker er karakteriseret ved at være forbundet med store anlægsudgifter, men med små brændselsudgifter, benyttes kernkraftenheder primært som grundlastværker til elproduktion. I Vesteuropa udgør kernkraft således ca. 20% af den samlede produktionskapacitet til el, men andrager ca. 30% af elproduktionen. Kernkraft kan også anvendes til andre formål f.eks. til produktion af procesvarme, afsaltning af havvand, samt fremdrift af skibe.

Hovedparten af verdens i alt 439 kernkraftenheder er forsynet med såkaldte 2. generations letvandsreaktorer, der benytter svagt beriget uran som brændsel, mens en mindre del, fortrinsvis ældre enheder, er forsynet med gaskølede, grafitmodererede reaktorer. Tredje generations reaktorer, der blev udviklet i 1990'erne, har forbedrede sikkerhedssystemer og længere designlevetid. De første sådanne enheder er sat i drift. Canada og Indien benytter fortrinsvis tungtvandsreaktorer, der anvender naturligt uran som brændsel. Den samlede installerede kapacitet var ved udgangen af 2007 på 372 GWe, hvilket er en stigning på 1% i forhold til 2006.

I de sidste årtier har udbygningen af kernkraft hovedsageligt fundet sted i Sydøstasien og til dels i Østeuropa, mens udviklingen i USA og Vesteuropa med få undtagelser har været sat i stå siden midt i 1980'erne. Dette skyldes først og fremmest, at der ikke har været behov for nye enheder, men udviklingen har også været påvirket af ulykkerne på Tremileøen i USA i 1979 og Tjernobyl i Ukraine i 1986. Disse medførte en betydelig folkelig modstand mod anvendelsen af kernkraft.

I mange lande er der imidlertid en fornyet interesse for kernkraft som en forsyningssikker og CO<sub>2</sub>-neutral energikilde. Spørgsmålet om forsyningssikkerhed er aktualiseret af en øget efterspørgsel på energi og en stigende afhængighed (i Europa og USA) af importeret olie og gas fra bl.a. Mellemøsten og Rusland. I modsætning til olie og gas findes en stor del af verdens uranforekomster i geopolitisk stabile regioner, og forsyningssikkerheden for kernkraft øges ved, at brændsel til flere års forbrug kan oplagres lokalt. Også økonomien spiller positivt ind for kernkraft: Indtil for få år siden kunne kernkraft til elproduktion ikke konkurrere med gas- eller kulfyrede værker, men pga. prisstigninger på olie og gas ses kernkraft i stigende grad som en økonomisk attraktiv mulighed. I 15 lande er der for tiden kernkraftværker under opførelse, mens yderligere ca. 25 lande har planer for nybyggeri af kernkraft.

I 2007 blev der påbegyndt bygning af syv nye enheder: To i Kina (Qinshan II-4 på 610 MWe og Hongyanhe-1 på 1000 MWe), to i Rusland (Severodvinsk-1 og -2, flydende reaktorenheder på hver 30 MWe), to i Sydkorea (Shin Kori-2 og Shin Wolsong-1, begge på 960 MWe) samt Flamanville-3 enheden i Frankrig, en EPR-enhed på 1600 MWe. Desuden blev byggeriet af Watts Bar-2 enheden i USA, som har ligget stille siden 1985, genoptaget i 2007. Dermed er i alt 34 enheder under opførelse verden over, heraf nitten i Asien, elleve i Central- og Østeuropa, to i Vesteuropa, en i USA og en i Argentina.

Tre nye enheder blev sat i drift i 2007: Kaiga-3 i Indien, en PHWR enhed på 202 MWe, og Tianwan-2 i Kina, en VVER enhed på 1000 MWe af russisk design, samt Cernavoda-2 i Rumænien, en PHWR enhed på 655 MWe. Byggeriet af Cernavoda-2 enheden blev påbegyndt allerede i 1983 og først fuldført 24 år senere pga. politiske

problemer. Derudover blev Browns Ferry-1 i USA, en 1000 MWe PWR enhed, genstartet i oktober 2007, efter at have været nedlukket siden 1985.

Den samlede elproduktion fra kernekraft var på 2660 TWh i 2006, hvilket er en stigning på ca. 1,5% i forhold til 2005. Produktionen svarer til en gennemsnitlig kapacitetsudnyttelse (kapacitetsfaktor) på ca. 84%, men tallet dækker over en stor variation: I Asien og Østeuropa er den gennemsnitlige kapacitetsfaktor 75%, mens udnyttelsesgraden i Vesteuropa er 82%. Den relativt lave kapacitetsudnyttelse i Asien og Europa er primært påvirket af Japan og Storbritannien, som begge har haft en lav kapacitetsudnyttelse på kun ca. 65%. USA og Canada har derimod i de seneste år opnået en gennemsnitlig kapacitetsudnyttelse på ca. 90%, hvilket bringer værkerne i de to lande op på niveau med de bedst drevne værker i Vesteuropa.

Prognoser for anvendelse af kernekraft på kort og mellemlangt sigt ændres gradvis i takt med, at de politisk-økonomiske forhold ændres. Det Internationale Energi Agentur (IEA) regner i sit referencescenario med, at kernekraft i perioden 2005-2030 vil se en årlig vækst på 0,7 %. Da det totale energibehov i samme periode ventes at vokse med 1,8% p.a., vil kernekraftens andel af elproduktionen falde fra ca. 16 % i 2005 til 12% i 2030. Den relative tilbagegang for kernekraft skyldes primært nogle europæiske landes beslutning om afvikling af kernekraften. I alternative scenarier, hvor der gennemføres yderligere politiske og økonomiske tiltag for at reducere udledningen af CO<sub>2</sub>, vil såvel kernekraft og vedvarende energi blive udbygget hurtigere end i referencescenariet, samtidig med at indsatsen på energibesparelser øges.

*Tabel 1.1. Antal kernekraftenheder, installeret effekt og produceret energi samt kernekraftens andel af el-produktionen i forskellige regioner i verden.*

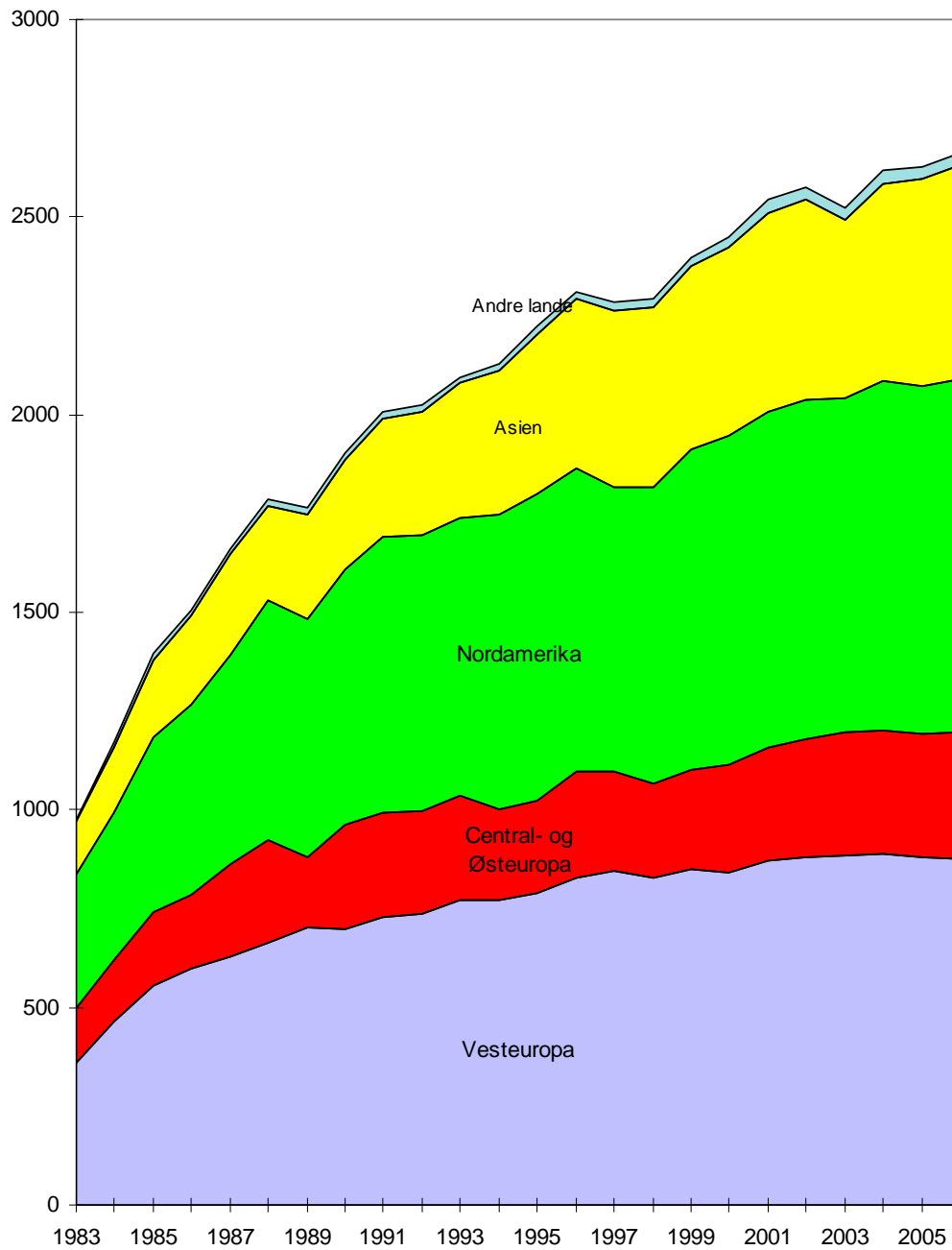
	Antal enheder (1/1-2008)	Installeret effekt (GWe) (1/1-2008)	Produceret energi 2006 (TWh)	Andel af el- produktion 2006 (%)
Vesteuropa	130	122,6	876,3	29,7
Central- og Østeuropa	68	48,1	322,1	18,2
Nordamerika	124	114,3	891,1	18,1
Asien	111	82,7	541,0	9,9
Andre lande	6	4,5	30,2	-
<b>Globalt</b>	439	372,2	2660,7	14,9

Table 1.2. Antal kernekraftenheder, installeret effekt og produceret energi samt kernekraftens andel af el-produktionen i de enkelte lande.

	Antal enheder (1/1-2008)	Installeret effekt (GWe) (1/1-2008)	Produceret energi 2006 (TWh)	Andel af el- produktion 2006 (%)
<b>Vesteuropa</b>				
Belgien	7 PWR	5,8	44,3	54,4
Finland	2 BWR, 2 VVER	2,7	22,0	28,0
Frankrig	1 FBR, 58 PWR	63,3	429,8	78,4
Holland	1 BWR	0,5	3,3	3,5
Tyskland	6 BWR, 11 PWR	20,4	158,7	31,8
Schweiz	2 BWR, 3 PWR	3,2	22,1	37,4
Spanien	2 BWR, 6 PWR	7,5	57,4	19,8
Storbritannien	1 PWR, 4 GCR, 14 AGR	10,2	69,4	18,4
Sverige	7 BWR, 3 PWR	9,0	65,1	48,0
<b>Central- og Østeuropa</b>				
Armenien	1 VVER	0,4	2,4	42,0
Bulgarien	2 VVER	1,9	18,2	43,6
Litauen	1 RBMK	1,2	7,94	72,3
Rumænien	2 PHWR	1,3	5,2	9,0
Rusland	15RBMK, 15 VVER, 1 FBR	21,7	144,6	15,9
Slovakiet	5 VVER	2,0	16,6	57,2
Slovenien	1 PWR	0,7	5,3	40,3
Tjekkiet	6 VVER	3,5	24,5	31,5
Ukraine	15 VVER	13,1	84,9	47,5
Ungarn	4 VVER	1,8	12,5	37,2
<b>Nordamerika</b>				
Canada	18 PHWR	12,6	92,4	15,8
Mexico	2 BWR	1,4	10,4	4,9
USA	69 PWR, 35 BWR	100,4	788,3	19,4
<b>Asien</b>				
Indien	2 BWR, 15 PHWR	3,8	15,6	2,6
Japan	23 PWR, 32 BWR	47,6	291,5	30,0
Kina	9 PWR, 2 PHWR	8,6	51,8	1,9
Pakistan	1 PWR, 1 PHWR	0,4	2,6	2,7
Sydkorea	16 PWR, 4 PHWR	17,5	141,2	38,6
Taiwan	6 PWR	4,9	38,2	19,5
<b>Andre lande</b>				
Argentina	2 PHWR	0,9	7,2	6,9
Brasilien	2 PWR	1,8	13,0	3,3
Sydafrika	2 PWR	1,8	10,1	4,4



### Energi [TWh]



Figur 1.1. Udviklingen i den samlede producerede energi fra kernekraft inden for forskellige geografiske regioner.

## 1.2 Regionale tendenser

### Vesteuropa

I Vesteuropa har ni lande kernekraftværker i drift: Belgien, Finland, Frankrig, Holland, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Sverige og Tyskland. I fire af disse lande er det besluttet, at kernekraften skal afvikles i løbet af en årrække (Belgien, Spanien, Sverige og Tyskland), hvorimod den fortsat udbygges i Finland og i Frankrig. I Storbritannien har regeringen for nylig fremsat en række energipolitiske forslag, som bl.a. indebærer, at kernekraft indgår som en væsentlig del af strategien for at sikre den fremtidige energiforsyning i landet.

#### *Belgien*

I 2003 blev der i Belgien vedtaget en lov om gradvis afvikling af kernekraften med lukning af landets 7 kernekraftenheder efter 40 års drift. Loven om afvikling indebærer, at de 7 enheder skal lukkes i perioden 2014-2025. Spørgsmålet om lukning er efterfølgende taget op til diskussion igen, bl.a. i forbindelse med de af andre grunde meget langvarige og vanskelige regeringsforhandlinger efter valget til det belgiske parlament i juni 2007. Der blev dannet en midlertidig regering i december 2007, men det er ikke afklaret, om der i den kommende regeringsperiode kan blive tale om en eventuel ændring af beslutningen fra 2003 om afvikling af kernekraften. Kernekraften tegnede sig i 2006 for 54% af Belgiens elproduktion.

#### *Finland*

Opførelsen af Finlands femte kernekraftenhed, Olkiluoto-3 på 1600 MWe, blev yderligere forsinket i 2007, så den nu først forventes at komme i kommerciel drift midt i 2011. Enheden leveres som et nøglefærdigt anlæg af et Areva/Siemens konsortium. Ifølge den oprindelige tidsplan skulle Olkiluoto-3 enheden sættes i kommerciel drift midt i 2009, så den samlede forsinkelse andrager nu ca. to år. Forsinkelserne kan ses i lyset af, at den oprindelige tidsplan var meget optimistisk. Selv om Olkiluoto-3 er den første EPR-enhed, der bygges, blev byggetiden planlagt til 48 måneder, medens den planlagte byggetid er 54 måneder for den næste EPR-enhed, Flamanville-3, der opføres i Frankrig.

De to idriftværende kernekraftenheder i Olkiluoto havde begge oprindeligt en kapacitet på 658 MWe. De er siden blevet opgraderet flere gange og har begge nu en kapacitet på 860 MWe. Deres nuværende driftstilladelse udløber i 2018 efter ca. 40 års drift, men forventes forlænget. Det andet finske kernekraftværk Loviisa med to enheder af russisk design fik i 2007 forlænget driftstilladelsen til henholdsvis udgangen af 2027 for Loviisa-1 og udgangen af 2030 for Loviisa-2. Dermed planlægges der indtil videre med en levetid på ca. 50 år for de to enheder.

I 2007 blev der dannet et nyt selskab i Finland, Fennovoima Oy, som ønsker at opføre Finlands sjette kernekraftværkenhed til idriftsættelse i perioden 2016-2018. Det nye selskab ejes af en gruppe af finske industri- og elselskaber under ledelse af E.On Finland, som er et datterselskab af det tyske selskab E.On. Fennovoima har tilkendegivet, at selskabet vil indgive en ansøgning til regeringen om en principgodkendelse af, at selskabet kan opføre et kernekraftværk i Finland, og har i den forbindelse indikeret, at selskabet vil pege på 2-4 alternative placeringer med henblik på udarbejdelse af miljøkonsekvensvurderinger. I forvejen har både TVO og selskabet Fortum, som ejer Loviisa-værket, i 2007 udarbejdet miljøkonsekvensvurderinger for yderligere en kernekraftenhed i henholdsvis Olkiluoto og Loviisa.

### *Frankrig*

I 2007 fik Electricité de France (EdF) grønt lys til at bygge en ny kernekraftenhed, Flamanville-3, baseret på det samme EPR-design, som er valgt for Olkiluoto-3 enheden i Finland. Flamanville-3 forventes at få en kapacitet på 1630 MWe og planlægges idriftsat i 2012. Flamanville-værket ligger i Normandiet og har i forvejen to 1300 MWe PWR-enheder. Den nye kernekraftenhed blev en brik i præsidentvalgkampen i foråret 2007. Tilladelsen til at bygge enheden blev givet inden første runde af valget i april 2007, men socialistpartiets kandidat Segolene Royal lovede, at hvis hun blev valgt, ville hun ophæve tilladelsen og holde en national debat om energipolitik, før det blev besluttet om nye kernekraftværker skulle bygges i Frankrig. Valget af Nicolas Sarkozy til præsident den 6. maj og det efterfølgende valg til nationalforsamlingen betød imidlertid, at Frankrig fortsætter sin pro-nukleare energipolitik, og at tilladelsen til at bygge Flamanville-3 blev bekræftet.

Der er indgået en bred samarbejdsaftale mellem EdF og det italienske energiselskab Enel, som bl.a. indebærer, at Enel får en andel på 12,5 % i Flamanville-3 værket. Italien har tidligere haft kernekraftværker i drift, men de blev lukket efter Tjernobylulykken i 1986. Enel er i forvejen engageret i nukleare projekter i andre lande og ønsker at styrke sine muligheder gennem samarbejdet med EdF. Italien har i en årrække importeret elektricitet fra Frankrig.

Som omtalt i sidste års rapport vedtog den franske nationalforsamling i 2006 en politik og plan for håndteringen af radioaktivt affald i Frankrig, som bl.a. indebærer, at et deponi for højaktivt og langlivet affald skal godkendes inden 2015 og tages i brug i 2025.

### *Holland*

Hollands nye koalitionsregering, som blev dannet efter parlamentsvalget i november 2006, bekræftede i februar 2007 den i 2006 indgåede aftale om, at landets eneste kernekraftværk Borssele kan fortsætte driften indtil 2033, d.v.s. til værket har været i drift i 60 år. Derimod forventes det ikke, at bygning af nye kernekraftenheder vil blive igangsat i Holland i indeværende regeringsperiode.

### *Schweiz*

Schweiz har fem kernekraftenheder i drift med planlagte levetider på 50 år, hvilket indebærer, at de nuværende enheder står til lukning i perioden 2019-2034. I begyndelsen af 2007 annoncerede den schweiziske regering, at de eksisterende kernekraftenheder efterhånden vil blive erstattet af nye kernekraftenheder som et led i en samlet energipolitik. Denne inkluderer brug af vedvarende energi, forbedret energiudnyttelse, gasfyrede kraftværker, kernekraft og vandkraft. De to sidstnævnte vil fortsat dække hovedparten af elproduktionen i Schweiz. Kernekraft dækker ca. 40% og vandkraft ca. 50%.

### *Spanien*

I 2006 blev Spaniens mindste kernekraftenhed Jose Cabrera 1 på 142 MWe taget ud af drift efter 38 års drift. Herefter har Spanien otte kernekraftenheder i drift med en samlet kapacitet på 7.450 MWe.

### *Storbritannien*

Den britiske regering fremsatte i januar 2008 en række energipolitiske lovforslag og offentliggjorde samtidig en "hvidbog" om kernekraft. Regeringen mener, at kernekraft bør indgå som en væsentlig del af strategien for at sikre energiforsyningen i landet under hensyntagen til forsyningssikkerhed, økonomi og ønsket om at

begrænse fremtidige klimaforandringer. I løbet af de næste 20 år skal en række ældre kulfyrede kraftværker og kernekraftværker lukkes, og det anses for vigtigt, at de erstattes med en kombination af nye værker, som kan bidrage til at reducere den samlede udledning af drivhusgasser. I regeringens energiplaner indgår også lagring af CO<sub>2</sub> og øget anvendelse af vedvarende energikilder. I lovforslagene indgår tiltag til at sikre, at der opbygges tilstrækkelige fonde til finansiering af fremtidige forpligtelser til dekommissionering af og affaldshåndtering for de nukleare anlæg og til dekommissionering af offshore gasinstallationer og vedvarende energianlæg.

I 2007 inviterede regeringen interesserede leverandører til at indsende forslag til nye reaktor anlæg, der kunne indgå i udbygningen med kernekraft, med henblik på en generisk design vurdering. Fire forslag er indleveret: Areva's EPR på 1600 MWe, Atomic Energy of Canada Ltd's ACR-1000, Westinghouse's AP1000 og General Electric's ESBWR. Parallelt med den generiske designvurdering, som foretages af den nukleare myndighed under Health and Safety Executive og forventes afsluttet i foråret 2008, foretager energiselskabet British Energy sin egen vurdering af de samme fire design-forslag.

Regeringens "hvidbog" om kernekraft blev udarbejdet efter en omfattende offentlig høring, der fandt sted i perioden maj-oktober 2007. Det statslige Nuclear Decommissioning Authority (NDA) og selskabet Royal Society har i den forbindelse gjort opmærksom på, at man med fordel kan bruge plutonium fra oparbejdningen af brugt reaktorbrændsel i Storbritannien til fremstilling af MOX-brændsel, som kan anvendes i de fremtidige britiske kernekraftværker. MOX står for "mixed oxide fuel" som benytter både uran og plutonium som fissilt materiale. Det anslås, at MOX-brændsel baseret på det oplagrede plutonium fra brugt reaktorbrændsel i Storbritannien kan forsyne to 1600 MWe enheder eller tre 1000 MWe enheder med brændsel i hele deres planlagte levetid på 60 år. MOX-brændsel bruges i flere andre lande og fremstilles for tiden bl.a. i Frankrig.

### *Sverige*

Efter lukningen af Barsebäck-værket planlægges det at øge effekten på de fleste af enhederne på de tre øvrige svenske kernekraftværker, Forsmark-, Ringshals- og Oskarshamn-værkerne. Der er indgivet ansøgning herom til kernekraftinspektionen SKI, og det forventes, at den samlede installerede effekt på de tre værker vil være øget med 1100 MWe i 2012.

I sidste års rapport omtaltes hændelsen på Forsmark-1 enheden i juli 2006, som startede med en kortslutning i en 400 kV transformatorstation på anlægget med et efterfølgende forløb, som resulterede i, at hændelsen blev klassificeret til niveau 2 på INES-skalaen. Sagen fik SKI til at kræve forbedringer af sikkerhedskulturen på Forsmark-værket, som blev sat under særligt tilsyn. I 2007 har den svenske regering anmodet IAEA om at gennemføre en sikkerhedsvurdering af Forsmark-værket, en såkaldt OSART- mission. OSART står for Operational SAFety Review Team. Missionen vil blive gennemført i 2008 og tilsvarende missioner er planlagt for Oskarshamn-værket i 2009 og Ringshals-værket i 2010.

I 2007 blev det besluttet at sammenlægge de to svenske myndigheder Statens Kärnkraft Inspektion (SKI) og Statens Strålskyddsinstitut (SSI). Sammenlægningen vil finde sted i 2008.

### *Tyskland*

I 2000 indgik den daværende tyske regering bestående af SPD og De Grønne en aftale med elselskaberne om gradvis udfasning af kernekraft i Tyskland. Aftalen indebærer, at kernekraftenhederne skal lukkes, når deres aftalte produktionskvoter er opbrugt, dog har elselskaberne mulighed for at overføre kvoter mellem de enkelte

enheder. Overførslen af kvoter har været et omstridt diskussionsemne i 2007. Denne mulighed blev oprindeligt aftalt med den hensigt at kunne overføre kvoter fra ældre til nyere enheder, men flere elselskaber har forsøgt at få lov til at overføre kvoter fra nyere til ældre enheder for at kunne udsætte lukningstidspunktet for nogle ældre enheder til efter næste valg til forbundsdagen. Dette skal finde sted i efteråret 2009, og selskaberne håber, at en mere kernekraftvenlig regering efter valget vil standse udfasningen. Den nuværende regeringskonstellation består af partierne CDU, CSU og SPD. CDU/CSU er for kernekraft og ser gerne udfasningen stoppet, mens SPD er imod kernekraft. I regeringsaftalen indgår, at aftalen om udfasning stadig er gældende i indeværende valgperiode. Med de gældende produktionskvoter er der fire kernekraftenheder, der står til lukning inden valget: Biblis-A, Biblis-B, Brunsbüttel og Neckarwestheim-1. Der er gode muligheder for, at Biblis-B enheden kan få forlænget sin levetid ved overførsel af en produktionskvote fra det nedlukkede Mülheim-Kaerlich værk, fordi en sådan mulig overførsel er nævnt i et appendix til den oprindelige udfasningsaftale. Derimod virker situationen fastlåst med hensyn til de tre andre enheder. Det federale ministerium for miljø og nuklear sikkerhed med ministeren Sigmar Gabriel fra SPD i spidsen har ikke villet godkende overførsler af produktionskvoter til nogen af de tre enheder.

## **Central- og Østeuropa**

### *Albanien*

Albanien har i 2007 lidt af alvorlig elektricitetsmangel. Den albanske elforsyning er meget afhængig af vandkraft og dermed af nedbørsmængden. Regeringen foreslog i november bygning af et kernekraftværk ved Durres, som både skal sikre elforsyningen og samtidig muliggøre eksport af elektricitet til nabolandene.

### *Armenien*

Armeniens eneste kernekraftenhed, Metsamor-2, er forsynet med en VVER-440/230 reaktor, som ikke opfylder vestlige sikkerhedskrav. Regeringen har i princippet godkendt, at enheden lukkes. Dette vil dog først ske, når en moderne 1000 MWe kernekraftenhed til erstatning af Metsamor-2 står klar. EU har erklæret sig villig til at støtte Armenien økonomisk, hvis Metsamor-2 lukkes, og USA vil støtte forstudier til den nye enhed.

Armenien har vedtaget at indgå i et samarbejde med Rusland omkring berigningsanlægget i Angarsk.

### *Bulgarien*

Den bulgarske regering standsede driften af landets sidste to VVER-440/230 enheder, Kozloduy-3 og -4, i 2006, selvom der er stor utilfredshed i landet med denne beslutning. Der er foretaget en omfattende renovering af de to enheder, og det er derfor den almindelige opfattelse, at enhederne lever op til alle rimelige sikkerhedskrav. Nogle politikere forlanger, at man starter reaktorerne igen, men dette krav er formentlig et forsøg på at presse EU til at give øget økonomisk støtte til landet.

Allerede i 1986-87 begyndte det bulgarske statslige el-selskab NEK at opføre et kernekraftværk ved Belene. Byggeriet blev imidlertid indstillet i 1991 efter Tjernobyl-ulykken og de politiske omvæltninger i Østeuropa. Der er nu skrevet kontrakt om færdigbygning af Belene-1 og -2 med et konsortium, der ledes af det russiske Atomstroyexport og inkluderer Framatome ANP og Siemens. De to nye enheder planlægges at kunne være i drift i 2013-2014. En andel i ejerskabet af Belene-værket på 49 % er sat i internationalt udbud. Fem større europæiske

elselskaber har budt på andelen, og valget af strategisk partner ventes at ske i 1. halvår af 2008.

### *Hviderusland*

Hviderusland planlægger at bygge landets første kernekraftværk, formentlig bestående af to VVER-1000 enheder, for at mindske landets store afhængighed af russisk naturgas, men finansieringen af byggeriet kan blive et stort problem. Et nyt kontor under Energiministeriet har fået til opgave at stå for forberedelserne til projektet, medens en nuklear tilsynsmyndighed skal oprettes som en del af Beredskabsministeriet. Der regnes med start på byggeriet i 2008-10. Første enhed planlægges i drift i 2015.

### *Litauen*

Den ene af Ignalina-værkets to kernekraftenheder blev lukket i 2004, og den anden skal efter aftale med EU lukkes ved udgangen af 2009. For ikke at blive for afhængig af naturgas og elektricitet fra Rusland overvejes det at bygge en ny kernekraftenhed, men det store problem er finansieringen af denne. Litauen har i et samarbejde med de to andre baltiske lande samt Polen undersøgt behovet for ny kernekrafteffekt. Denne undersøgelse pegede på et behov for en ny kernekraftenhed på 1000 – 1600 MWe, som kunne opføres nær Ignalina-værket til idrifttagning i 2015. VVM-processen for en eller to nye enheder ved Ignalina blev igangsat i juni 2007. Polen har presset på for at få op til 1200 MWe fra de nye reaktorer, men efter den nylige parlamentsvalg i Polen er den polske interesse kølnet noget.

Dekommissioneringen af Ignalina-værkets to reaktorer ventes at strække sig over 30 år. Lukningen af værket giver anledning til væsentlige problemer i lokalområdet pga. personalereduktioner, men bygning af en ny enhed vil mindske problemerne. Mange af de tidligere ansatte er dog efter omskoling beskæftiget med arbejder i forbindelse med dekommissioneringen.

Der opføres et lager til opbevaring af udbrændt brændsel. Endvidere er der bestilt et anlæg til behandling af fast, radioaktivt affald til 120 mio. euro hos det tyske firma RWE Nukem. Begge faciliteter finansieres af den internationale støttestiftelse til dekommissionering af Ignalinaværket, der administreres af EBRD.

VVM-undersøgelsen for et deponi for kortlivet, lav- og mellemaktivt affald er afsluttet. Regeringen har vedtaget at bygge et overfladenært deponi i Stabatiškės umiddelbart syd for kraftværket, med forventet idrifttagning i 2015. Bygning af et deponi til opbevaring af langlivet radioaktivt affald er endnu ikke besluttet.

### *Polen*

Udover samarbejdet med de baltiske lande om en ny kernekraftenhed ved Ignalina arbejdes der i Polen med planer om bygning af et kernekraftværk. Ifølge en opinionsundersøgelse fra januar 2007 var der 48% støtte til bygning af et kernekraftværk i Polen, mens 41% ikke kunne støtte forslaget.

### *Rumænien*

Rumæniens anden kernekraftenhed, Cernavoda-2, blev sat i drift i august 2007 efter et længere afprøvningsforløb. Landets to kernekraftenheder, Cernavoda-1 og -2, er af CANDU-typen, hver med en effekt på 655 MWe. Det rumænske el-selskab, Nuclearelectrica, har sin egen brændselementfabrik i Pitesi, og dennes produktionskapacitet er blevet fordoblet for at kunne betjene de to enheder. Færdiggørelsen af Cernavoda-3 og -4 har været i udbud, og man er nu i gang med forhandlinger med seks selskaber, der har tilbudt at investere i disse to enheder.

Partnerskabsaftalerne forventes indgået i foråret 2008 med færdiggørelse af de sidste aftaler medio 2009. Den foreløbige tidsplan er idriftsættelse af Cernavoda -3 i 2014 og Cernavoda -4 i 2015.

Rumænien har planer om at færdiggøre Cernavoda-5 i 2020 med egne midler, og der er overvejelser om at bygge efterfølgende enheder på andre placeringer.

### *Rusland*

En kernekraftindustrikoncern er under dannelse i Rusland. Den vil omfatte Atomstroyexport (ASE), der står for eksport af russiske kernekraftenheder, TVEL, der producerer reaktorbrændsel, Technabexport (Tenex), der står for udenrigshandel med reaktorbrændsel, United Heavy Machinery, der fremstiller tunge komponenter til kernekraftværker, samt Rosenergoatom. Koncernen ventes at få navnet AtomEnergProm.

Rusland planlægger over de næste 25 år at bygge 40 kernekraftenheder. Sammen med de store eksportmuligheder, der i øjeblikket åbner sig i nuværende og kommende kernekraftlande, vil den russiske kernekraftindustri produktionskapacitet blive udnyttet ganske hårdt. En vigtig faktor i denne strategi er, at det er væsentlig gunstigere at eksportere russisk naturgas til vesten end at sælge den til russiske kraftværker.

Beloyarsk-4, en hurtig formeringsreaktor af BN-800 typen, ventes at komme i drift i 2012. Beloyarsk-4 skal benytte våbenplutonium som brændsel, og en række forskellige brændselsmaterialer, U-Pu-metal, -oxid og -nitrit, vil blive afprøvet. Den russiske interesse i hurtige reaktorer skyldes bl.a., at man derved opnår en væsentlig bedre udnyttelse af uranet, og at Rusland i dag forbruger mere uran, end landet producerer.

Dumaens energiudvalg har tidligere anbefalet færdigbygning af Kursk-5, som er en RBMK-enhed, der er 70% færdigbygget. I marts 2007 indstillede Industriministeriet, at Kursk-5 færdiggøres, men der er ikke truffet en endelig beslutning i sagen. Kursk-5 vil efter planerne blive færdigbygget som en tredjegerations-reaktor, der vil være markant sikrere end Tjernobyl-reaktorerne.

Rosenergoatom planlægger at færdigbygge Volgodonsk-2 i 2009, og Kalinin-4 i 2011. Begge er VVER-1000 enheder, d.v.s. forsynet med trykvandsreaktorer. Efter færdiggørelsen af disse anlæg ventes der idriftsat op til fire nye kernekraftenheder om året. I 2012 og 2013 planlægges henholdsvis Novovoronez-6 og -7 taget i drift, begge VVER-1200 enheder.

Myndighedsbehandlingen af Leningradværkets fase 2 er afsluttet. I første omgang skal bygges to 1160 MWe VVER-1200 enheder til idrifttagning i henholdsvis 2013 og 2014. På længere sigt skal der være op til seks enheder på det nye værk for at muliggøre dekommissionering af de gamle RBMK-enheder i perioden 2019-2026.

Der planlægges nye enheder ved Severtskaya nær Tomsk (idrifttagning 2015 og 2017), Nizhegorod (idrifttagning 2016, 2018 og 2020), Tverskaya (idrifttagning 2015, 2017, 2019 og 2020) og Tsentralnaya (arbejdstitel på et ”centralt placeret” værk, hvis nøjagtige placering endnu ikke er valgt) til idrifttagning i 2017 og 2019. Mere usikre udbygninger ventes foretaget ved Leningradværket, Kursk, Smolensk og Tatar.

Dertil kommer en nyskabelse i form af privat investering i op til to enheder i Balakova (enhed 5 og 6), formentlig VVER-1000 eller VVER-1200 enheder. Bygningen af disse skyldes behov for udbygning af Rosal aluminiumsværket.

Der er udviklet en ny reaktortype på basis af VVER-1000-serien. Der er tale om en 300 MWe kogendevandsreaktor med typebetegnelsen VK-300, der kan anvendes på

steder, hvor elnettet er for svagt til tilslutning af de større reaktorenheder. Der er foreløbigt planlagt tilslutning af fire enheder i Kola fase 2 (idrifttagning 2017, 2018, 2019 og 2020) og to enheder i Primorskaya i Østsibirien (idrifttagning 2019 og 2020).

Rosatom arbejder på at levetidsforlænge Kola-, Balakovo-, Leningrad- og Kursk-enhederne. Foreløbig har Kola-1 og Kola-2 samt Bilibino-1 og -2 fået deres levetid forlænget med 5 år. Renovering af Leningrad-2 er i gang.

Rosatom vil fremme udviklingen af kernekraft, bl.a. ved at udvikle en ny oparbejdningsteknik og ved udvikling af hurtige reaktorer, herunder den blykølede reaktor BREST (Beloyarsk-5), og højtemperaturreaktorer, der er velegnede til brintproduktion.

Den første flydende kernekraftenhed blev bestilt i 2006 til idrifttagning i 2010. Enheden er ved at blive bygget på SevMash-værftet i Severodvinsk ved ishavskysten og vil blive stationeret sammesteds under navnet "Akademik Lomonosov". Den vil få en effekt på 70 MWe og vil desuden kunne levere varme og producere ferskvand. Ud over brug af sådanne enheder i det arktiske Rusland forventes der også at blive tale om eksport til lande i Sydøstasien. En atomdreven isbryder, Sevmorput, er p.t. under ombygning til boreskib.

Rosatom søger at fremme russisk eksport inden for kerneenergisektoren. Rosatom er i gang med at levere to VVER-1000 enheder til Kina, en 1000 MWe kernekraftenhed til Iran og to VVER-1000 enheder til Indien samt beriget brændsel til de to Tarapur BWR-enheder og naturligt uran til Rajasthan-værket. Det leverede brændsel er underkastet IAEA-kontrol.

Fra amerikansk, engelsk og canadisk side har man ydet økonomisk støtte til at fremme nedlukningen af Ruslands tre sidste våbenplutonium-producerende reaktorer, en ved Zheleznogorsk i Krasnoyarsk-regionen og to ved Seversk i Tomsk-regionen. Når de tre enheder ikke allerede er lukket, skyldes det, at de leverer fjernvarme til nærliggende byer. Den russiske regering overvejer i øvrigt at etablere et lager til opbevaring af udbrændt brændsel fra udlandet i Zheleznogorsk. I forvejen er der store lagre på stedet, og de vil kunne udvides, forudsat at den nødvendige kapital, 5 mia. USD, er til rådighed.

### *Slovakiet*

Det italienske elselskab Enel købte i 2004 aktiemajoriteten i det slovakiske elselskab Slovenske Elektrarne. Enel's investeringsplan omfatter bl.a. 1,8 mia. euro til færdiggørelse af Mochovce-3 og -4, hver på 440 MWe brutto. De planlægges i drift i 2012 og 2013. Derudover skal effekten på Mochovce-1 og -2 samt Bohunice-3 og -4 øges med i alt 240 MWe.

Bohunice-1 og -2 er holdt uden for aktiesalget til Enel og overført til et dekommissioneringsselskab. Bohunice-1 blev lukket ned i 2006 og Bohunice-2 skal lukkes ned ved udgangen af 2008.

### *Slovenien*

Slovenien overvejer at bygge endnu en reaktor på cirka 1000 MWe til idriftsætning i 2020. Man vil dog først træffe en beslutning i sagen, når placeringen af et slutdepot for brugt brændsel og radioaktivt affald er endeligt fastlagt, hvilket ventes at ske i løbet af 2008.



### *Tjekkiet*

Dukanovy-værkets gennemfører for tiden et moderniseringsprojekt. Efter udskiftning af turbinerne er effekten øget med 4,5 %. Kontroludrustningen udskiftes for at sikre en forlænget levetid frem til 2025, og projektet ventes afsluttet i 2009.

Temelin-værkets reaktorer gennemgår et lignende moderniseringsprogram for at sikre en levetidsforlængelse frem til 2042. I 2007 er effekten øget med 26 MWe for begge enheder ved udskiftning af turbinedele. Andre ændringer ventes at medføre en tilsvarende effektførogelse.

### *Tyrkiet*

Den tyrkiske regering offentliggjorde i 2006 planer om en kraftig udbygning af landets elforsyning gennem opførelse af kernekraftenheder. Parlamentet har i november 2007 vedtaget den nødvendige rammelovgivning. Den første reaktor skal bygges i Sinop på Sortehavskysten til idriftsætning i 2012. Andre placeringer kan også komme på tale, og både USA og Rusland har meldt sig som interesserede samarbejdspartnere.

### *Ukraine*

Ukraine planlægger at bygge 11 kernekraftenheder over de næste 25 år, men da det kniber med finansieringen, søger regeringen lån i Vesten. I 2007 er beslutningsprocessen stort set gået i stå på grund af problemerne med dannelsen af en ny regering efter valget til parlamentet.

Der er indgået en aftale med EBRD og Euratom om et lån på 125 mio. USD til sikkerhedsforbedringer på Khmel'nitski-2 og Rovno-4.

For at åbne mulighed for indkøb af brændselselementer fra andre leverandører end det russiske firma TVEL har Sydukraine-værket installeret seks forsøgselementer, leveret af Westinghouse. Hvis de nye elementer viser sig at fungere tilfredsstillende, vil yderligere 42 Westinghouse-elementer blive installeret. Westinghouse-elementerne er dog dyrere end TVEL's.

Arbejdet med dekommissioneringen af Tjernobyl-værket fortsætter. Sarkofagen omkring den ulykkesramte Tjernobyl-4 enhed er blevet forstærket for at forhindre sammenstyrtning. Der har været indhentet tilbud på bygningen af den nye sikkerhedsindeslutning af Tjernobyl-4. Ud fra disse er der udvalgt to konsortier, et ledet af det franske firma Vinci og et ledet af det amerikanske firma CH2M Hill. Kontraktforhandlinger er i gang. Den nye indeslutning, der planlægges at stå færdig i 2009, vil bestå af en halvbueformet overdækning, der vil blive bygget ved siden af sarkofagen og derefter rullet hen over den. Indeslutningen vil koste ca. 1 mia. USD.

Der har været betydelige problemer med den facilitet, ISF-2, til tør opbevaring af Tjernobyl-værkets brugte brændselselementer, som det franske firma Areva står for, dels p.g.a. deformation af elementerne, dels fordi nogle af elementerne indeholder vand. Efter gennemførelse af forsøg har man nu valgt en løsning, der indebærer, at alle brændselselementer skal udtørres og anbringes i lufttætte, dobbeltvæggede beholdere. Forsøgene viste, at det vil være hurtigst og billigst at gennemføre en komplet udtørring af alle brændselselementer. Endvidere kan udtørringen enkelt indpasses i den proces, der alligevel er nødvendig for at pakke brændslet i de dobbeltvæggede beholdere. Det vil dog fordyre projektet yderligere. Der er indgået et forlig mellem den fond, der finansierer projektet, og Areva, ifølge hvilket Areva skal betale en større erstatning til fonden. Fra værket side vil man i første omgang anbringe alle de udbrændte elementer i det eksisterende ISF-1 lager, et vandfyldt brændselsbassin fra Sovjettiden, for at kunne komme videre med dekommissioneringsarbejdet. To inter-

ationale fonde, administreret af EBRD, vil betale størstedelen af udgifterne til dekommissioneringen af værket.

### *Ungarn*

Paks-værket vil fra 2006 til 2009 øge effekten af værkets fire enheder, således at den stiger til 510 MWe brutto pr. enhed. I 2007 blev effekten for de to første reaktorer øget med 8 %, og en effektførøgelse af samme størrelse for de to sidste enheder vil blive gennemført i 2009. Samtidigt vil kontroludrustning m.v. blive moderniseret. Værket planlægger, og har af parlamentet fået godkendt, en levetidsforlængelse på enhederne, således at de kan fortsætte driften frem til 2032-37.

Parlamentet har godkendt, at der gennemføres en VVM-proces for op til 6000 MWe ny produktionskapacitet i form af kernekraftværker.

Ungarn planlægger at bygge et deponi for lav- og mellemaktivt affald i Bataapati-området i Sydungarn. Deponiet planlægges anbragt i en dybde af 200-250 m i en granitformation. Det vil få en kapacitet på 40.000 m<sup>3</sup> og koste 175-200 mio. USD. Det vil blive bygget og drevet af det statslige affaldsselskab Puram og skal være klar til brug i 2008. Befolkningen i området har med stort flertal godkendt placeringen ved en folkeafstemning.

## **Nordamerika**

USA og Canada har tilsammen 122 kernekraftenheder, som dækker 19% af elforbruget, mens Mexico har et enkelt kernekraftværk med to enheder, som leverer 5% af landets elforsyning.

### *USA*

I USA blev kernekraften kraftigt udbygget i perioden 1965-85, men udviklingen gik derefter i stå pga. af for stor produktionskapacitet, lav kapacitetsudnyttelse og dermed dårlig økonomi af de eksisterende værker. Ulykken på Three Mile Island i 1979 satte et effektivt stop for udbygningen af kernekraft, og efterfølgende blev mange bestilte enheder annulleret, og igangværende byggeri blev stillet i bero. Nye værker er ikke bestilt siden 1979, og efter 1990 er kun enkelte enheder blevet sat i drift.

Udnyttelsesgraden af kernekraftværkerne er gennem en årrække imidlertid blevet klart forbedret, og kapacitetsfaktoren har de sidste par år ligget på ca. 90%. Kernekraften har dermed siden 1990 kunnet opretholde en andel af elproduktionen på ca. 20% på trods af, at der stort set ikke er bygget nye enheder, og at USA's energiforbrug samtidig er vokset betydeligt. Elproduktionen fra kernekraft var i 2006 på 788 TWh, hvilket er lidt højere end i 2005, men under rekorden fra 2004. Driftsudgifterne ved elproduktion fra kernekraft var i 2006 på 1,66 cent/kWh, hvilket var billigere end ved såvel gas- som kulfyrede værker.

Browns Ferry-1 enheden, en BWR-enhed på 1065 MWe, blev genstartet i maj 2007 efter 22 års nedlukning. De tre Browns Ferry enheder blev alle lukket ned i 1985 pga. driftsproblemer, men efterfølgende er Browns Ferry-2 blevet genstartet i 1991 og Browns Ferry-3 i 1995. Renoveringen af Browns Ferry-1 har taget fem år og kostet ca. 1,8 mia. USD. Hermed er alle USA's 104 kernekraftenheder, der har driftslicens, i drift.

I USA har kernekraften i de senere år fået en renæssance. Baggrunden for den fornyede interesse for at bygge kernekraftværker skyldes såvel geopolitiske som økonomiske forhold. Fra politisk side er der et ønske om at reducere afhængigheden af import af fossilt brændsel fra bl.a. Mellempøsten, og en udbygning af kernekraft vil

medvirke til at begrænse importen af olie og gas og samtidig øge forsyningssikkerheden.

For at få elforsyningsselskaberne til at investere i kernekraft baseret på nye reaktortyper, med større sikkerhed og forbedret driftsøkonomi, har Kongressen indført forskellige støtteordninger, der skal promovere kernekraft: En forsikring mod forsinket myndighedsbehandling af ansøgning om bygge og driftstilladelser, en garantistillelse for 80% af byggeomkostningerne, og en skatterabat i lighed med den, der gives til investeringer i vedvarende energi.

Samtidig er de økonomiske udsigter for kernekraft blevet mere gunstige i takt med, at nye reaktortyper udvikles. Industrien regner med, at nye enheder vil kunne bygges til en pris i størrelsesordenen 2000-2500 USD/kW installeret effekt, og med en designlevetid på 60 år. Med en forventet høj kapacitetsudnyttelse vil kernekraft være konkurrencedygtig med el produceret på gas. Økonomien er dog forbundet med en forholdsvis stor usikkerhed, og flaskehalse forårsaget af et globalt opsving for kernekraftbyggeriet kan føre til prisstigninger.

USA's Nuclear Regulatory Commission (NRC) modtog i 2007 fire ansøgninger om kombineret bygge- og driftstilladelse (COL) for i alt syv nye kernekraftenheder. Ansøgningerne er de første i tredive år og markerer dermed for alvor den påbegyndte renaissance for kernekraft i USA. NRC forventer i løbet af 2008 at modtage yderligere ca. 15 nye ansøgninger, og op til 30 ansøgninger inden for de næste år. I USA ventes det samlede energiforbrug at vokse med ca. 1% p.a. i perioden indtil 2030, og det Internationale Energiagentur (IEA) regner med, at kernekraftens andel af elproduktionen bibeholdes på ca. 20%.

Den første ansøgning om bygge- og driftstilladelse blev indsendt i september 2007 af elskabet NRG Energy. Ansøgningen vedrører byggeriet af to 1350 MWe ABWR enheder ved South Texas Project (STP) kernekraftværket. ABWR reaktoren fra GE-Hitachi benyttes i flere af Tepco's enheder i Japan, og af de i alt fire COL ansøgninger er NRG Energy's den eneste, der er baseret på en eksisterende reaktortype. Myndighedsbehandlingen hos NRC ventes at tage 42 måneder, og hvis ansøgningen imødekommes vil enhederne vil kunne blive sat i drift omkring 2014-15. De to enheder ventes at koste 5,5 mia. dollar.

Den næste ansøgning blev indleveret i oktober 2007 af NuStart konsortiet, som består af ni elskaber, der dækker halvdelen af de amerikanske kernekraftværker, samt Westinghouse, General Electric og det franske EdF. NuStart søger om at bygge to 1100 MWe AP1000 enheder ved Bellefonte værket i Alabama. Westinghouse's AP1000 enhed blev typegodkendt af NRC i 2005 og Nustart's ansøgning er baseret på en modificeret version af AP1000 reaktoren, der bl.a. skal imødekomme fremtidige krav om forbedret beskyttelse mod flystørt. NuStart forventes i 2008 at indsende en COL ansøgning om byggeri af en enhed baseret på ESBWR designet.

Elselskabet Dominion søgte i november 2007 en COL for en 1500 MWe ESBWR enhed ved North Anna, Virginia. Såfremt NRC imødekommer ansøgningen, vil byggeriet kunne påbegyndes i 2010, og enheden vil kunne sættes i drift fra 2015. NRC udstedte i november 2007 en såkaldt Early Site Permit (ESP) for North Anna. En ESP er en forhåndsgodkendelse af en placering af en kernekraftenhed, som tager stilling til spørgsmål om sikkerhed og miljøpåvirkninger. ESP'en for North Anna er den tredje ESP, som myndighederne har udstedt siden muligheden for at opnå sådanne forhåndsgodkendelser blev indført i 2001. De to andre ESP'er, der også blev udstedt i 2007, er til henholdsvis Clinton-værket i Illinois og Grand Gulf kernekraftværket i Mississippi.

Den sidste COL ansøgning blev indsendt i december 2007 af elskabet Duke Energy, som søger om tilladelse til at opføre to AP1000 enheder i Lee/Cherokee i

South Carolina. Ansøgningen er den første, der ikke vedrører byggeri i tilknytning til et eksisterende kernekraftværk.

Udover disse fire ansøgninger indsendte UniStar konsortiet bestående af Constellation Energy og det franske EDF i juni 2007 en delvis COL ansøgning om at opføre en USEPR enhed ved Calvert Cliffs i Maryland. UniStar planlægger at indsende den resterende del af ansøgningen i løbet af 2008. Areva indsendte parallelt hermed i december 2007 en ansøgning om typegodkendelse af USEPR reaktoren, som er en amerikansk version af Areva's EPR reaktor. Med påbegyndt byggeri i 2010 kan Calvert Cliffs enheden stå færdig i 2015.

TVA har besluttet at færdiggøre Watts Bar-2 enheden i Tennessee. Byggeriet af Watts Bar-2 enheden blev påbegyndt i 1972, men indstillet i 1985, da den var ca. 60% færdigbygget. Beslutningen om at færdiggøre enheden var først og fremmest økonomisk begrundet. Byggeriet ventes at koste 2,5 mia. USD og vil dermed billigere end opførelse af en ny kernekraftenhed eller anden elproduktion. Færdiggørelsen ventes at tage 5-6 år, så enheden kan tages i drift i 2013.

Det USA-ledede Global Nuclear Energy Partnership (GNEP) samarbejde, der blev indledt i 2006 af Kina, Frankrig, Japan, Rusland og USA, fik 14 nye medlemmer i 2007, heriblandt Bulgarien, Ungarn, Litauen, Polen og Italien. GNEP samarbejdet har til formål at udvikle lukkede brændselskredsløb, der sikrer, at risikoen for spredning af fissilt materiale eller våbenteknologi ikke forøges. Samtidig vil GNEP-landene etablere et reaktorbrændselsprogram, der skal sikre udviklingslande adgang til reaktorbrændsel, mod at de til gengæld afstår fra at udvikle berignings- eller oparbejdningsanlæg.

### *Canada*

Canada har betydelige uranforekomster og med ca. en fjerdedel af verdensproduktionen er Canada verdens største producent af uran. Produktionen, der har været aftagende i det sidste årti, ventes at stige igen, når nye uranminer tages i brug. Den største af de nye miner er Cigar Lake minen, der blev oversvømmet i 2006, hvilket har forsinket ibrugtagning af minen indtil 2011.

De fleste af Canadas 18 kernekraftenheder ligger i delstaten Ontario, bortset fra to enheder, der ligger i henholdsvis Quebec og New Brunswick. Enhederne er alle forsynet med tungtvandsreaktorer af Candu typen, der er udviklet af det canadiske AECL.

Bruce-A1 og -A2 enhederne blev taget ud af drift i 1995 og 1997, men i 2005 indgik delstaten Ontario en aftale med Bruce Power om at renovere enhederne. Det forventes, at enhederne kan tages i drift i 2009-10, hvorefter de vil have en design levetid på 25 år. Efterfølgende vil Bruce-A3 og -A4 enhederne, der er i drift, blive renoveret.

I 2007 annoncerede Energy Alberta Corp. of Calgary planer om at opføre i alt fire 1200 MWe enheder i Alberta. Enhederne er baseret på ACR-1000 tungtvandsreaktoren fra AECL og vil blive opført som to tvillinge-enheder. Hvis byggeriet gennemføres, bliver kernekraftværket det første i det vestlige Canada.

I New Brunswick overvejer delstatsregeringen at opføre en ekstra kernekraftenhed ved Pt. Lepreau værket. Enheden vil ligeledes blive baseret på ACR-1000 reaktoren, og værket vil i givet fald kunne levere strøm til det nordøstlige USA.

Bruce Power og Ontario Power Generation overvejer at opføre nye kernekraftenheder ved henholdsvis Bruce og Darlington værkerne i Ontario. Delstaten ønsker at opretholde en produktionskapacitet fra kernekraft på 14.000 MWe, hvilket indebærer at der skal opføres 1-3 nye enheder inden 2027.

Point Lepreau enheden blev taget ud af drift i september 2007 for at renovere enheden. Arbejdet er projekteret til at vare 18 måneder, og efter færdiggørelsen forventes enheden at have en resterende levetid på 25-30 år.

### *Mexico*

Kernekraftværket Laguna Verde består af to 650 MWe BWR-enheder. I 2007 indgik værket en aftale med spanske Iberdrola samt Alstom om at forsyne værket med nye turbiner og generatorer, så elproduktionen kan øges med 20%. Opgraderingen af værket ventes at være gennemført i 2010.

Mexico er selvforsynende med fossile brændstoffer og er nettoeksportør af energi. For at reducere afhængigheden af naturgas har landet imidlertid planer om at udbygge kernekraft med op til otte nye enheder inden 2025, hvilket vil bringe kernekraftens andel af elproduktionen op på ca. 12%. Derudover overvejes det at opføre mindre kernekraftenheder til afsaltning af havvand med henblik på kunstig vanding af landbrugsarealer.

## **Asien**

En række asiatiske lande, Indien, Japan, Kina, Pakistan og Sydkorea har kernekraftværker. Desuden har Iran et kernekraftenhed under bygning. En række andre asiatiske lande har planer om bygning af kernekraftenheder.

### *Den arabiske halvø*

Seks arabiske lande, Bahrain, Kuwait, Oman, Qatar, Saudi-Arabien og De forenede arabiske Emirater, som alle er medlemmer af Gulf Cooperation Council (GCC), har bedt IAEA om at udarbejde en rapport om indførelse af kernekraft i GCC-landene. Det bliver GCC og ikke de enkelte medlemslande, der skal tage stilling til rapportens konklusioner. De seks lande er allerede i dag forbundet i ét elektrisk net. Kerneenergi kan også blive anvendt til afsaltning af havvand.

Ifølge Yemens energiminister vil landet med hjælp fra USA og Canada indføre kernekraft. Den første enhed skal forsynes med en gaskølet reaktor og være i drift i 2012. I alt planlægges bygning af kernekraftenheder med en samlet effekt på 5000 MWe. Der er dog udtrykt tvivl om, hvorvidt landets tekniske infrastruktur i lang tid fremover vil tillade gennemførelse af sådanne planer.

### *Filippinerne*

Filippinerne har anmodet IAEA om hjælp til at vurdere landets fremtidige kernekraftlinie. Landet har to muligheder. Den ene er at idrifttage den 650 MWe trykvandsreaktoren ved Bataan, som Westinghouse har bygget, og som blev færdig i 1985, men aldrig taget i brug. I stedet blev den "lagt i mølpose". Den anden mulighed er at bygge en ny enhed. Den første mulighed kan realiseres på 5 år, den anden vil ikke være klar før mellem 2016 og 2023.

### *Indien*

Indien planlægger en omfattende udbygning med kernekraft i de kommende år. Den samlede installerede kernekrafteffekt skulle komme op på 7 GWe i 2008, på 20-40 GWe i 2020 og på 50-63 GWe i 2030. En del af disse enheder planlægges opført af udenlandske reaktorfirmaer, bl.a. Westinghouse, Areva, General Electric og Atomstroyexport i samarbejde med indisk industri. En sådan udbygning forudsætter, at Nuclear Suppliers Group tillader eksport af reaktorer og tilhørende brændsel til Indien, selv om ikke alle Indiens nukleare anlæg bliver underkastet IAEA-kontrol.

Parallelt hermed vil Indien fortsætte med at bygge PHWR-enheder, men effekten af disse vil blive øget til 500-700 MWe.

Forhandlingerne mellem Indien og USA om en aftale, der åbner for import af amerikanske kernekraftenheder og reaktorbrændsel, er foreløbigt afsluttede. Næste skridt er, at Indien skal forhandle en kontrolaftale med IAEA for en del af landets nukleare anlæg, men ikke de dele, som har relationer til det indiske kernevåbenprogram. Herefter skal aftalen godkendes af Nuclear Suppliers Group (NSG), og den endelige aftale skal godkendes af den amerikanske kongres. Aftalen er betinget af, at Indien ikke foretager yderligere nukleare prøvesprængninger. Den tillader, at Indien opbygger et strategisk lager af importeret brændsel, og at Indien oparbejder amerikansk leveret brændsel under IAEA-kontrol. Fra nogle af NSG-landene har der været udtrykt betænkelighed ved aftalen, som man frygter kan fremme spredning af kernevåben. NSG's policy har hidtil været kun at tillade eksport af nukleare anlæg og brændsel til lande, hvis nukleare anlæg alle er under IAEA-kontrol. Der har også været modstand mod aftalen i Indien, idet man frygter, at IAEA-kontrollen kan begrænse Indiens nukleare muligheder på såvel det civile som det militære område..

Kaiga-3 enheden i delstaten Karnataka i Sydvestindien, en 202 MWe PHWR, blev kritisk i februar og kom i kommerciel drift i maj 2007. Bygning af enheden blev indledt i marts 2002. Kaiga-3 er dermed Indiens 17. kernekraftenhed, og med denne enhed er den indiske kernekrafteffekt kommet op på 4.120 MWe.

Indien har seks kernekraftenheder under opførelse. De omfatter to 1000 MWe VVER-enheder, Kudankulam-1 og -2, der leveres af det russiske Atomstroyexport. Endvidere opfører indiske firmaer tre 202 MWe PHWR-enheder, Kaiga-4, Rajasthan-5 og Rajasthan-6, samt en 500 MWe hurtig formeringsreaktor-enhed ved Kalpakkam. Kudankulam-1 og Kaiga-4 skulle være sat i drift i 2007, men er blevet forsinkede.

### *Indonesien*

Indonesien har besluttet at bygge to 1000 MWe kernekraftenheder i det centrale Java. De senere års politiske problemer og naturkatastrofer har dog forsinket planlægningen, og de to enheder ventes ikke klar før i 2017. Der har også været forsinkelser på et samarbejdsprojekt mellem Indonesien og Sydkorea, som omfatter bygning af en mindre reaktor.

### *Iran*

Færdiggørelsen af kernekraftenheden ved Bushehr, en russisk VVER-1000-enhed, er igen blevet forsinket, så ladning af brændsel i reaktoren vil først blive påbegyndt i august 2008, men den første forsendelse af brændselelementer ankom fra Rusland i december 2007. Fra russisk side hævdes det, at forsinkelsen med enheden skyldes uenighed om betalingsbetingelser, men dette bestrides fra iransk side.

Iran har fortsat byggeriet af centrifugeberigningsanlægget i Natanz. Iran har tilladt besøg af IAEA-inspektører og har lovet at ville hjælpe IAEA med at opklare udestående spørgsmål, men landet har ikke tilsluttet sig tillægsprotokollen om udvidet IAEA-kontrol. Iran hævder, at det har brug for lavt beriget uran til en 360 MWe letvandsreaktorenhed, som iransk industri skal opføre i den sydvestlige Khuzestan-provins.

### *Israel*

Israel planlægger at opføre et 1200-1500 MWe kernekraftværk ved Shivta i Negev-ørkenen nær grænsen til Egypten. Det ventes dog ikke i drift før 2020. Baggrunden

er behovet for en øget elproduktion og ønsket om en mindske brændselsimport. Problemet er, at Israel ikke er tilsluttet Ikke-spredningsaftalen og derfor kun kan importere kernekraftenheder, såfremt alle landets nukleare anlæg, inklusive de militære, underkastes IAEA-kontrol. Noget sådant vil Israel ikke acceptere. Israel regner med, at den indisk-amerikanske aftale vil åbne mulighed for, at landet kan få samme status som Indien og derfor vil kunne importere kernekraftenheder fra USA. Israel vil acceptere, at kernekraftenheden kontrolleres af IAEA, mens landets øvrige nukleare anlæg holdes uden for kontrol.

### *Japan*

Den 16. juli indtraf et kraftigt jordskælv med en styrke på 6,6 til 6,8 på Richterskalaen i nærheden af det japanske kernekraftværk Kashiwazaka Kariwa (K-K). Af værkets syv enheder var tre i drift (enhed 3, 4 og 7), og de lukkede alle sikkert ned. Enhed 2 var under opstart, og enhederne 1, 5 og 6 var ved at blive vedligeholdt. Ved enhed 6 skete der to mindre, radioaktive udslip til havet, idet en stabel tønder på lageret for lavaktivt affald væltede. Udslippene lå imidlertid under det tilladte udslip. Ved enhed 1, 2 og 3 faldt vandniveauet i bassinet, hvor de udbrændte brændselselementer opbevares, men det blev hurtigt retableret. Ved enhed 3 brød en transformator uden for reaktoranlægget i brand. Det kraftige skælv medførte rystelser på værket, der var ca. to gange stærkere end forudsat i de japanske sikkerhedsbestemmelser. I realiteten er japanske kernekraftenheder imidlertid sikrere end krævet pga. et konservativt design. Myndighederne har for nylig indført skærpede, seismiske krav til kernekraftværker, idet styrken på jordskælv, kernekraftenheder skal kunne modstå, er blevet øget fra 6,6 til 6,7 på Richterskalaen. Dette krav betyder, at ca. halvdelen af de japanske kernekraftværker skal forbedre deres seismiske modstandsdygtighed. De seismiske krav gælder kun selve reaktoranlægget, ikke ydre enheder såsom transformatorer og lagre. Det er muligt, at myndighedernes krav til seismisk sikkerhed nu vil blive skærpet. En IAEA-undersøgelse af værket har bekræftet, at sikkerhedssystemerne fungerede bedre end forventet. Alle syv enheder er lukket ned og vil ikke blive startet op, før der er foretaget en omfattende undersøgelse af dem. Den vil bl.a. omfatte tryktankene og brændselselementerne, og den kan komme til at tage et til to år. De hidtidige undersøgelser har vist, at der har været problemer med at udtage en kontrolstav i enhed 7 og et brændselselement i enhed 5.

Da det havde vist sig, at ikke alle japanske el-selskaber har indberettet sikkerhedsrelevante hændelser på deres kernekraftenheder til myndighederne, blev selskaberne i slutningen af 2006 beordret til senest ved udgangen af marts 2007 at have oplyst om alle sådanne hændelser. Der er nu blevet indberettet flere hændelser, som bl.a. har medført, at en kernekraftenhed, Shika-1, er blevet lukket ned, indtil en fuld sikkerhedsinspektion er blevet gennemført.

Toshiba's køb af Westinghouse har medført ændringer i tidligere indgåede samarbejdsaftaler mellem reaktorfirmaer samt indgåelse af nye aftaler. Mitsubishi Heavy Industries (MHI)'s samarbejde med Westinghouse er ophørt. Til gengæld har MHI og det franske firma Areva dannet et fælles firma, Atmea, som skal markedsføre en 1100 trykvandsreaktor-enhed, Atmea-1. Denne vil kunne modstå flystyrt, producere mindre udbrændt brændsel samt benytte MOX-brændsel. Hitashi har indgået en alliance med det amerikanske firma General Electric (GE). Begge firmaer leverer kogendevandsreaktorer, og de har oprettet to nye firmaer, til markedsføring af en 1.520 MWe ESBWR-enhed. Samtidig er GE's hidtidige samarbejde med Toshiba blevet stærkt begrænset.

Japan har indgået en aftale med Frankrig og USA om undersøgelse af forbrænding i hurtige reaktorer af de transuraner, der udover plutonium dannes i kraftreaktorer. MHI er blevet udvalgt til at lede det japanske arbejde med udvikling af en hurtig

formeringsreaktor, som skal være i kommerciel drift i 2050. En prototype skal være i drift i 2025. Toshiba arbejder på udvikling af en 4S-reaktor (Super, Small, Safe, Simple). Der er en 10 MWe hurtigreaktorenhed, som ikke skal have udskiftet sit brændsel i sin 30-års levetid. Toshiba håber at kunne levere enheden til en mindre by i Alaska. Det japanske centrifugeberigningsanlæg ventes at være i drift i 2010. Det vil dække en tredjedel af landets behov for beriget uran. Japan planlægger at starte bygning af et deponi for højaktivt affald i 2025. Det skal være færdigt i 2033-37.

En af flaskehalsene for en fremtidig nuklear renaissance er fremstilling af de store, smedede komponenter, f.eks. tryktanke, til kernekraftenheder. Japan Steel Works er en af de få enheder i verden, der kan fremstille sådanne komponenter, og firmaet investerer knap en halv milliard USD i sine produktionsanlæg for at kunne imødekomme det forventede, fremtidige behov.

### *Jordan*

I 2008 vil man i Jordan afslutte et studium af mulighederne for indførelse af kernekraft, som skal anvendes såvel til el-produktion som til afsaltning af havvand. Man forventer at have den første enhed i drift i 2015. Den installerede effekt i landet er i dag på godt 2000 MWe, men man vil behøve yderligere 1200 MWe i 2015 og 3000 MWe i 2030. Jordan har betydelige uranforekomster, og der er etableret et firma til at undersøge udnyttelsen af disse.

### *Kazakhstan*

Kazakhstan er verdens tredje største producent af uran efter Australien og Canada, og landet har ca. 20% af verdens kendte uranreserver. Dette betyder, at landet har betydelig interesse i den nukleare sektor, og det har derfor indgået samarbejde med en række lande og udenlandske firmaer. Kazakhstan forhandler med Rusland om etablering af et internationalt uranberigningscenter ved Irkutsk i Sydøstsibirien, hvor der skal produceres lavt beriget uran til kernekraftværker. Kazakhstan samarbejder endvidere med det canadiske firma Cameco om udvidelse af landets uranproduktion og bygning af et urankonversionsanlæg. Kazakhstan producerede 8000 t uran i 2007 og planlægger at producere 18.700 t uran i 2010 og 27.000 t uran i 2025. Endelig har det statslige Kazatomprom købt 10% af aktiekapitalen i Westinghouse af Toshiba for at forbedre kontakten til fremtidige kunder. Kazatomprom leverer i dag U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-pulver og UO<sub>2</sub>-pulver samt brændelsespiller, men ønsker også at kunne levere brændelselementer.

Regeringen besluttede i november 2007 at gennemføre en forundersøgelse frem til 2009 af bygning af to VBER-300 enheder ved Aktau ved det Kapiske Hav i samarbejde med Atomstroyexport. VBER-300 er en landversion af de reaktorenheder, der er anvendt i de russiske isbrydere og ubåde samt i det flydende kernekraftværk, der er under bygning i Severodvinsk.

### *Kina*

I Kina foregår der en omfattende udbygning af kernekraftværker, idet landet importerer kernekraftenheder fra Frankrig, USA og Rusland samtidig med, at man bygger kinesisk designede enheder.

Westinghouse har indgået kontrakt om levering af fire AP-1000 enheder. To af disse vil blive opført ved Sanmen i Zhejiang-provinsen ved Kinas østkyst og to ved Haiyang i den nordøstlige Shandong-provins. Enhedernes effekt er nominelt 1175 MWe, men den bliver øget til 1250 MWe ved installering af Mitsubishi turbogeneratorer. Bygning af de fire enheder indledes i 2009 med idrifttagning mellem 2013 og 2015. Kontrakten indebærer, at AP1000-teknologien gradvis overføres til Kina, hvorefter Kina selv kan bygge yderligere enheder. Det vil dog



ikke være Kina tilladt at eksportere sådanne. Tryktank og dampgeneratorer til de første to enheder ventes leveret af det sydkoreanske firma Doorsan, mens kinesiske firmaer forventes at fremstille disse komponenter til de to sidste enheder. Også fremstilling af kontrolstavs-drev og pumper vil gradvis blive overtaget af kinesisk industri.

China Power Investment Corp. (Cnnp) har indgået kontrakt med Areva om levering af den nukleare del af to 1700 MWe EPR-enheder samt brændsel til mere end 10 års drift. De to enheder vil blive bygget på en ny plads ved Taishan ca. 150 km vest for Hongkong. Prisen bliver ca. 1800 euro/kW installeret effekt. Den anvendte teknologi vil blive overført til et 50-50% joint venture mellem Areva og et kinesisk firma, således at Areva sikrer sig en andel i fremtidig bygning af EPR-enheder i Kina. Areva vil samarbejde med China National Nuclear Corporation (CNNC) om bygning af et kemisk oparbejdningsanlæg og en MOX-elementfabrik. Disse anlæg vil blive drevet af Taishan Nuclear Power Co (TNPC), hvori EDF har en andel på 30% mens Cnnp har resten. Kina forhandler med Frankrig om tilladelse til eksport af en kinesisk udgave, CPR-1000, af de tidligere fra Frankrig importerede 1000 MWe-enheder.

Den første russisk leverede VVER-1000-enhed, Tianwan-1, kom i kommerciel drift i maj 2007 efter ca. to års forsinkelse. Denne skyldtes bl.a., at reaktorens dampgeneratorer var blevet udsat for saltvandkorrosion under søtransporten fra Rusland til Kina. Taiwan-2, også en VVER-1000-enhed, blev kritisk d. 30/4 og kom i kommerciel drift i august. Atomstroyexport forhandler med Kina om levering af yderligere to VVER-1000-enheder, Tianwan-3 og -4, der også vil blive opført ved Tianwan-værket, der har plads til i alt otte enheder

Kina bygger også kernekraftenheder af eget design. Ved Qinshan-værket i den østlige Zhejiang-provins blev bygning af Qinshan-4 indledt i januar. Enheden er en 650 MWe trykvandsreaktorenhed (CNP-600), og den er designet af CNNC. Den skal være i drift i 2012. Sammesteds opføres Qinshan-3, der også er en 650 MWe PWR-enhed. Den skal være færdig i 2011. Bygning af den første af fire 1000 MWe PWR-enheder af kinesisk design ved Hongyanhe-værket nær Dalian i Liaoning-provinsen i Nordøstkina blev indledt i august. De fire enheder ventes i drift i perioden 2012 til 2014. Denne reaktortype, CPR-1000, er udviklet af China Guangdong Nuclear Power Co og er baseret på fransk teknologi. Det franske firma Alstom har fået kontrakt på levering af fire 1000 MW turbogeneratorer til værket, idet dog ca. 80% af ordren vil blive udført af lokale firmaer.

CNNC arbejder på at udvikle en 1000 MWe PWR-enhed (CNP-1000), men dette arbejde er blevet udskudt til den 20. femårsplan (2011-2015). I stedet vil CNNC være Westinghouses industrielle samarbejdspartner ved opførelsen af de fire AP-1000 enheder. Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute (Snerdi) arbejder på en 1400 MWe udgave af AP-1000. På længere sigt, f.eks. i 2020, regner Kina med at kunne eksportere kernekraftenheder.

### *Pakistan*

Pakistan har problemer med at indkøbe kernekraftenheder i udlandet. Man havde håbet at kunne indkøbe to CNP-1000 enheder i Kina, men dels har Kina udskudt færdiggørelsen af designet af denne type til næste femårsplan, dels må den ikke eksporteres. Heller ikke Frankrig stiller sig positivt til pakistanske ønsker om køb af kernekraftenheder. Pakistan håber imidlertid på, at den planlagte nukleare aftale mellem Indien og USA åbner mulighed for, at Pakistan kan få en lignende aftale.

### *Sydkorea*

Elselskabet Korea Hydro and Nuclear Power (KHNP) har skrevet kontrakt med Hyundai Engineering and Construction Company om bygning af to nye kernekraftenheder, Shin Kori-3 og -4. Det bliver de to første koreansk designede trykvandsreaktorer af typen APR-1400. KHNP forbereder såvel effektforøgelse som levetidsforlængelse af flere af selskabets andre kernekraftenheder.

Sydkorea planlægger at indlede et samarbejde med Indonesien og Thailand med henblik på senere levering af kernekraftenheder til disse lande. Det sydkoreanske firma Doorsan har indgået kontrakt med Westinghouse om levering af tryktanke og dampgeneratorer til de kernekraftenheder, Westinghouse skal bygge i Kina.

### *Taiwan*

Den taiwanske regering har hidtil været negativ over for kernekraft, men nu har dens energiminister anbefalet, at man overvejer at bygge nye kernekraftenheder. Der kan ved hver af landets fire kernekraftværker placeres to nye enheder. Regeringen presser ligeledes Taiwan Power Co. til at få de to ABWR-enheder, der er under bygning ved Lungmen, sat i drift senest i 2010. Opførelsen blev startet i 1999 og planlagt færdig i 2004, men bygningen blev standset af regeringen i 2000. Denne beslutning blev underkendt af Taiwans højesteret i 2001. Det kneb imidlertid med at få projektet igang igen. Regeringen har været tilbageholdende med at frigive de nødvendige midler, der har været mangel på arbejdskraft, der har været problemer med få General Electric til at udføre sin del af arbejdet, og udgifterne er steget.

Taiwan Power Co ser også på udbygning af kernekraften. Selskabet mener, at der på tre af landets fire kernekraftværker kan bygges endnu fire enheder, mens der ved det fjerde kan bygges to nye enheder. En beslutning om bygning af nye kernekraftværker vil afvente resultatet af næste valg i 2008. Taiwan Power Co havde i 2006 underskud pga. de stigende priser på fossilt brændsel.

### *Thailand*

Regeringen har afsat 53 mill. USD til forberedelse af indførelse af kernekraft i landet. Bevillingen skal i perioden 2008-2011 bruges til at udvælge byggepladser og reaktorteknologi, til at forberede lovgivning, til at sikre den nødvendige uddannelse af teknisk personale samt til oplysning af befolkningen. Der regnes med bygning af fire 1000 MWe kernekraftenheder i perioden 2011-2021, men endelig beslutning herom træffes først, når det forberedende arbejde er gennemført. Finansieringen af bygningen kan vise sig at være et problem. Ligeledes er det usikkert, hvilke konsekvenser den planlagte privatisering af det statslige elselskab, som producerer 60% af landets elforbrug, vil få.

### *Vietnam*

Landet planlægger at bygge to 1000 MWe kernekraftenheder, som kan være i drift i 2020. Beslutning herom ventes truffet i 2008. Der er udvalgt 16 mulige pladser til enhederne. Vietnam har samarbejdet med Frankrig på området i fire år, men der har været rejst tvivl om, hvorvidt man har gjort det nødvendige forarbejde. Såvel Frankrig som Rusland, USA, Japan og Sydkorea har tilbudt sig som leverandør.

## **Andre lande**

Uden for Europa, Nordamerika og Asien er det kun Argentina, Brasilien og Sydafrika, der har kernekraftværker. En række lande, herunder en del afrikanske lande, har i den senere tid talt om at indføre denne energikilde.

### *Argentina*

Det argentinske elselskab Nucleoelectrica har underskrevet en foreløbig aftale med AECL i Canada om levering af en 740 MWe Candu-6-enhed samt option på endnu en sådan enhed. Aftalen er betinget af regeringens godkendelse, som forventes at foreligge i begyndelsen af 2008. Med canadisk hjælp er man ved at færdigbygge Atucha-2, en 745 MWe PHWR-enhed og gennemføre en levetidsforlængelse af Embalse-enheden, en 600 MWe Candu-enhed. Levetidsforlængelsen omfatter bl.a. udskiftning af trykrørerne.

Argentina har et lille berigningsanlæg, som er blevet nedlukket, men som man planlægger at genstarte for at kunne høre til de lande, der tilbyder berignings-service.

### *Australien*

Australien har såvel en stor kul- som en stor uraneksport. Den konservative regering, som tabte valget i efteråret 2007 til arbejderpartiet, var positivt indstillet over for indførelse af kernekraft af miljømæssige grunde, hvorimod arbejderpartiet går ind for fortsat brug af kul. I begyndelsen af året gennemførte den konservative regering en række tiltag, som skulle gøre det lettere senere at indføre kernekraft i landet. Australien tilsluttede sig Global Nuclear Energy Partnership (GNEP) og Generation IV International Forum (GIF), ligesom man planlagde udsendelse af teknikere til uddannelse inden for kerneenergi i USA. Landets største el-selskab startede undersøgelser af økonomien ved indførelse af kernekraft. Med regeringsskiftet må det forventes, at planer om indførelse af kernekraft henlægges.

### *Brasilien*

Brasilien forventer at fordoble sit elforbrug inden 2015 og har derfor brug for udbygning af sine kraftværker. Man planlægger at bygge op til 8 kernekraftenheder i de kommende otte år. Bygning af 4 af disse vil starte i løbet af de næste fem år. Det første projekt omfatter færdiggørelse af Angra-3-enheden, en 1275 MWe PWR-enhed af Siemens/KWU design. Bygning af denne enhed blev indledt i 1984, men standset i 1986 pga. pengemangel, efter at ca. 30% af byggeriet var gennemført. 70% af de fra udlandet kommende komponenter er allerede leveret, og de fleste af de resterende komponenter skulle kunne fremstilles i Brasilien.

Brasilien har et mindre berigningsanlæg i drift ved Resende. Det dækker ca. 60 % af berigningsbehovet for landets to kernekraftenheder, Angra-1 og -2.

### *Libyen*

Libyen har indgået en aftale med Frankrig om nukleart samarbejde, der bl.a. skal omfatte et studium af muligt byggeri af en eller to franske reaktorenheder til afsaltning af havvand og elproduktion. Samarbejdet omfatter også uddannelse og forberedelse af lovgivning på området. Aftalen skal godkendes af EU, før den kan træde i kraft. En kernekraftenhed i Libyen vil næppe være realistisk før om 10 til 15 år.

### *Namibien*

Namibien har bedt Rusland om hjælp til udformning af en national kerneenergipolitik, herunder mulig opførelse af kernekraftenheder. En flydende, russisk leveret kernekraftenhed kan komme på tale. Namibien har betydelige uranforekomster, og der er med russiske firmaer dannet et joint venture for minedrift og udvinding af uran af malmen.

### *Sydafrika*

Den sydafrikanske regering har vedtaget et program, der skal gøre landet selvforsynende på det nukleare område. Det planlægges at bygge såvel et berigningsanlæg som et kemisk oparbejdningsanlæg under IAEA-kontrol inden 2025. Sydafrika udviklede i 1970'erne en egen berigningsteknologi og opførte et berigningsanlæg i Pelindaba. Anlægget er dog senere blevet nedlagt.

I Sydafrika arbejder selskabet PBMR (Pty) Ltd på udvikling af en 165 MWe højtemperatur, gaskølet reaktorenhed. Starten på byggeri ved Koeberg af en demonstrationsenhed, Demonstration Pilot Plant (DPP), for denne reaktortype er igen blevet forsinket, da finansieringen ikke er klar, ligesom der har været problemer med myndighedsgodkendelsen. Byggeriet ventes nu at begynde ved årsskiftet 2008/2009 og at vare fire år. Såfremt projektet gennemføres med succes, vil bygning af kommercielle enheder kunne påbegyndes i 2015-16. En sådan vil el-selskabet Eskom stå for. PBMR (Pty) Ltd vil opføre en brændselselementfabrik, der kan producere 270.000 brændselskugler pr. år.

Eskom planlægger at have en ny kernekraftenhed i drift i 2014 i Cape-provinsen og at bygge yderligere 2000 til 3000 MWe kernekraftenheder i en overskuelig fremtid. Selskabet forventer at have ca. 20.000 MWe kernekraft i drift i 2025, hvoraf 5 000 MWe vil være PBMR-enheder. De øvrige enheder vil blive indkøbt hos Areva, Westinghouse, Atomstroyexport og/eller AECL.

### *Ægypten*

Da Ægypten kan se en ende på sine olie- og gasforekomster, planlægger landet at genstarte sit kernekraftprogram, som blev lukket ned for ca. 20 år siden.

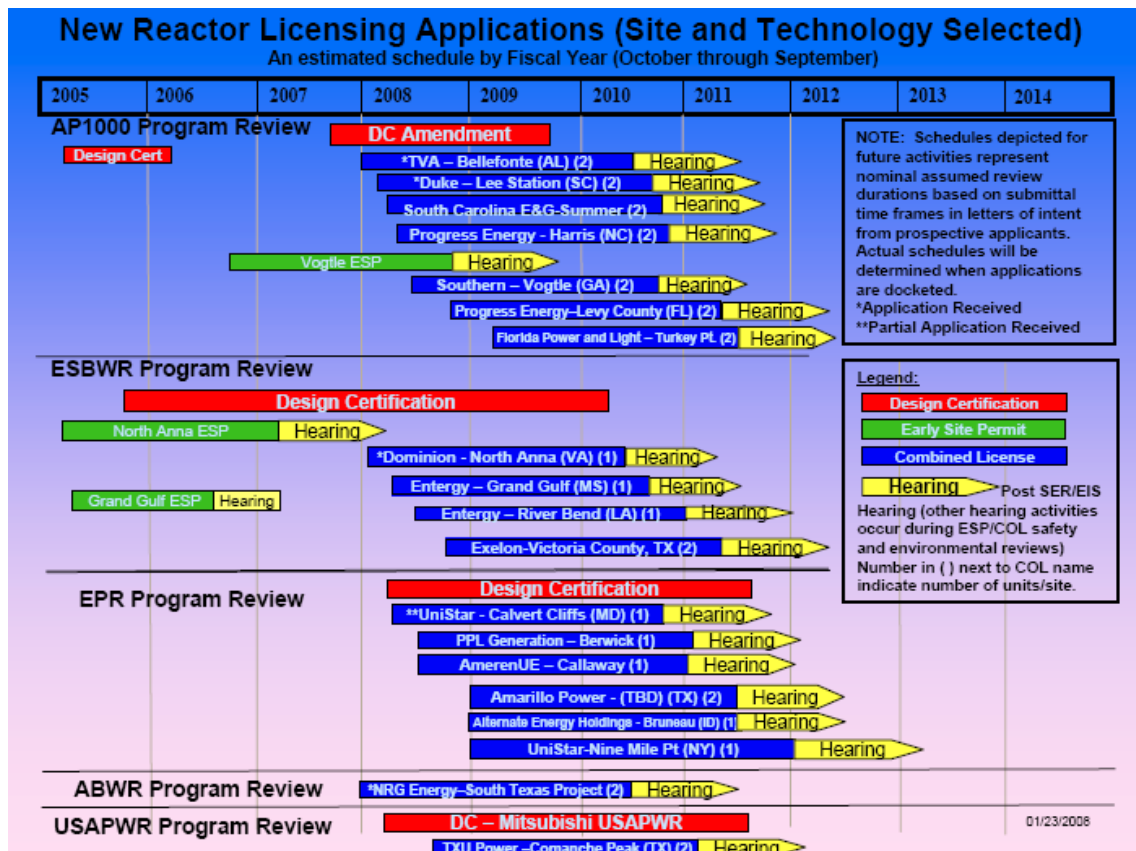
## 2 Reaktorudvikling

I 2007 fortsatte tendensen med at udstede levetidsforlængelser til eksisterende enheder. I USA har i alt 48 enheder fået godkendt ansøgninger om forlængelse af deres driftslicens med op til 20 år siden år 2000, og enkelte enheder i Europa har også fået forlænget deres driftslicens. I USA overvejes mulighederne for yderligere at forlænge levetiden fra 60 til 80 år.

En del værker fået tilladelse til opgraderinger, hvor effekten øges med typisk 5-10%. Dette kan opnås bl.a. ved at indføre nye brændselsdesign og ved udskiftning af ældre turbiner, dampgeneratorer og el-generatorer med nye, der har højere virkningsgrad.

De senere års reaktorudvikling har fokuseret på simplificering og sikkerhedsmæssige forbedringer af eksisterende teknologi gennem introduktion af såkaldte generation III+ reaktorer. Eksempler på generation III+ enheder er AP1000, Advanced Pressurized reaktor på 1000 MWe (Westinghouse), ESBWR, Evolutionary Simplified Boiling Water Reactor på 1400 MWe (General Electric), EPR, European Pressurized Reactor på 1600 MWe (Areva) og USAPWR, en amerikansk tilpasset Advanced Pressurized Water Reactor på 1700 MWe (Mitsubishi).

Disse reaktorer er alle under typegodkendelse hos den amerikanske reaktorsikkerhedsmyndighed, NRC. Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) på 1000 MWe, der en forløber for ESBWR, og som næsten er at betragte som en generation III+ enhed, har tidligere opnået typegodkendelse af NRC. Figur 2.1 viser, hvornår de enkelte design forventes at være typegodkendt af NRC samt hvilke amerikanske elværker, der har eller forventes at indgive ansøgninger om opførelse af enheder.



Figur 2.1. Tidsplan for typegodkendelse og behandling af elværksansøgninger om byggeri af nye kernekraftenheder i USA.

## ACR-1000

Den canadiske ACR-1000 enhed, Advanced CANDU Reactor, er en tungvandsmodereret, letvandskølet trykrørsreaktorenhed på 1200 MWe, der også hører til generation III+ reaktorerne. ACR-1000 er ved at blive godkendt af myndighederne i Canada og indgår også som en mulighed i de overvejelser, der foregår i England omkring opførelse af nye kernekraftenheder. Den forventede byggetid for en enhed er på 3½ år og designlevetiden er 60 år.

ACR-1000 designet bygger på det oprindelige CANDU-design fra 1970'erne, som er både tungvandsmodereret og tungvandskølet. ACR-1000 reaktoren er karakteriseret ved et kompakt design med høj termisk ydelse. Letvandskølingen betyder, at mængden af det fordyrende tunge vand kan reduceres med 60%. Brændselsstavene er anbragt i horisontale, tryksatte brændselsrør, og brændselsskift foregår løbende under drift. Brændslet er lavt beriget uranbrændsel, hvorved der opnås en høj udbrænding og en negativ voidkoefficient. Sidstnævnte giver bedre kontrolegenskaber for reaktoren. Reaktoren har passive sikkerhedssystemer, bl.a. højtliggende vandtanke til nødkøling, som kan fungere uden brug af pumper, og har to uafhængige nedlukningssystemer. Indeslutningen er i stand til at modstå et flystyrt.

ACR-1000 reaktoren er derudover karakteriseret ved en række sikkerhedstiltag:

- Tungvandsmoderatoren og det lavt berigede uran medfører en langsommere fissionsproces end ved letvandsmodererede reaktorer. Derved forbedres reaktorens kontrolegenskaber.
- Brændselsskift under drift reducerer overskudsreaktiviteten
- Kølingen af brændslet kan opretholdes ved naturlig cirkulation i tilfælde af svigt af kølevandspumperne
- Kontrolstavene indføres i moderatoren, som ikke er tryksat. Derved undgås mulig kontrolstavsudskydning pga. for højt tryk.
- Moderatoren kan anvendes som backup-kølevandsreservoir ved tab-af-kølemiddeluheld
- En negativ effekt-reaktivitetskoefficient gør reaktoren mere stabil og lettere at kontrollere



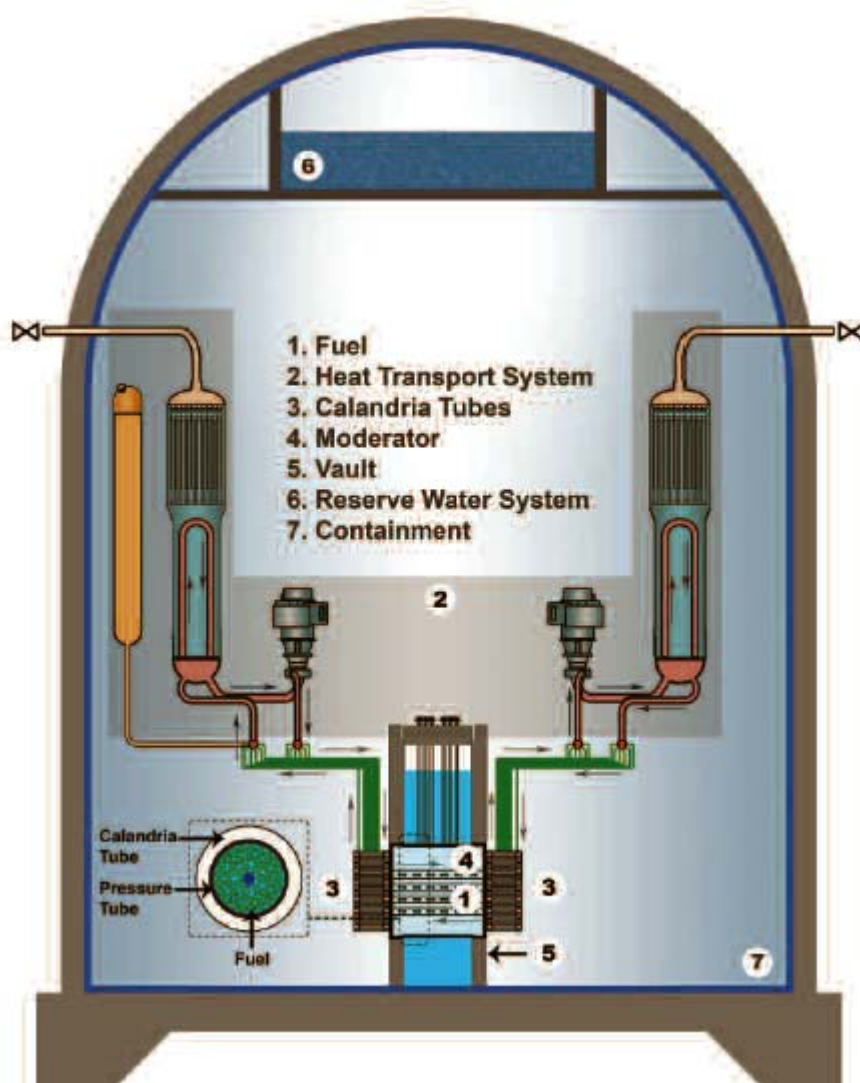
Figur 2.2. Skitse af kernekraftværk med to ACR-1000-enheder.

Tabel 2.1. Designdata for ACR-1000

<i>Reaktorkerne</i>	
Termisk effekt	3200 MW
Elektrisk effekt	1200 MW
Kølemiddel	H <sub>2</sub> O
Moderator	250 t D <sub>2</sub> O
Diameter af kalandriatank (moderator tank)	7,5 m
Antal brændselskanaler	520
<i>Brændsel</i>	
Trykrør	520
Brændselselementer pr. trykrør	12
Brændselsstave pr. brændselselement	43
Berigning	2 – 4 %
Udbrænding	25.000 MWd/tU
<i>Sikkerhedssystemer</i>	
Nedlukningssystem 1	Cd sikkerhedsstænger
Nedlukningssystem 2	Gadolinium indsprøjtning
Nødkølesystem	Ja
Sprinkleranlæg i indeslutningsbygningen	Ja
<i>Reaktorbygning</i>	
Indvendig diameter	56,5 m
Vægtykkelse	1,8 m
Højde af bygning	74 m
<i>Dampgeneratorer</i>	
Antal	4
Primærtryk	110 bar
<b>Sekundærtryk</b>	<b>59 bar</b>

Reaktordesignet er karakteriseret ved princippet om dybdeforsvar, hvilket er demonstreret i figur 2.3. Dette princip indebærer, at der i reaktoren er indført syv "barrierer", som reducerer sandsynligheden for alvorlige uheld med udslip af radioaktive stoffer til omgivelserne:

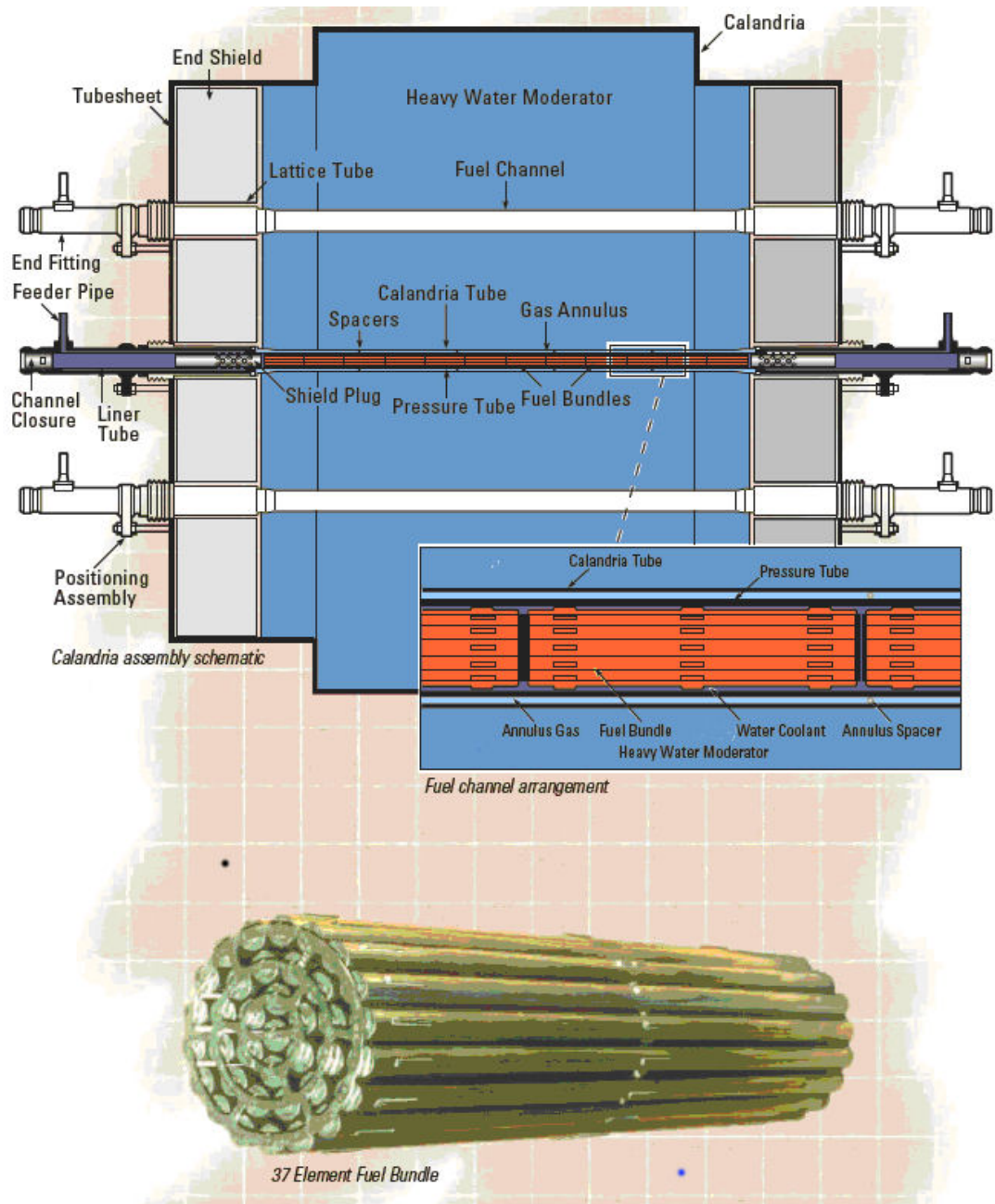
1. Brændslet og dets indkapsling
2. Varmetransportsystemet bestående af dampgeneratorer og tilhørende trykrør
3. Kalandriarørene, som omgiver trykrørene. Kalandriarørene kan tåle et brud på et af trykrørene
4. En kold og ikke tryksat moderator
5. En kold, vandfyldt og ikke tryksat vandtank omkring kalandriatanken
6. Et højt liggende vandreservoir i toppen af kontainment
7. En reaktorindeslutningsbygning bestående af beton med en foring af stål på indersiden.



Figur 2.3. "Barrierer" i ACR-1000-designet som bidrager til dybdeforsvaret.



Figur 2.4 viser en tegning af kalandriatanken med tungtvandsmoderatoren og med tre af de i alt 520 vandrette trykrør, som indeholder brændselselementerne. Nederst i skitsen er vist et nærbillede af et trykrør og et brændselselement. Brændselselementerne i trykrørene køles med let vand. Trykrørene er adskilt fra kalandriarørerne ved et gasgab. Kalandriarørerne er adskilt fra kalandriarørerne ved et gasgab.



Figur 2.4. Kalandriatanken med trykrør og brændselselementer.

## ATMEA-1

Mitsubishi Heavy Industries og Areva har dannet et nyt joint venture, ATMEA. De to firmaer har siden 2006 arbejdet sammen på udvikling en ny 1100 MWe trykvandsreaktor ATMEA-1. ATMEA-1, der er en generation III+ type, forventes at være klar på markedet om 3 år.

## 3 Nuklear sikkerhed

### 3.1 Sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft

INES-skalaen, "The International Nuclear Event Scale", blev udviklet af IAEA og OECD i 1990 med henblik på at kunne informere offentligheden om den sikkerhedsmæssige betydning af nukleare hændelser eller ulykker på en konsistent og standardiseret form. Skalaen strækker sig fra niveau 1, hvor hændelser med ringe sikkerhedsbetydning indplaceres, til niveau 7, hvor de helt store ulykker indplaceres. Se nærmere om INES i appendiks A.

De af IAEA's medlemslande, der er tilsluttet INES-systemet, er forpligtet til at indrapportere hændelser klassificeret på niveau 2 og oppefter til IAEA. Hændelser på niveau 1 eller 0, sidstnævnte betegnes som værende under skalaen, skal kun indrapporteres, såfremt disse skønnes at have særlig interesse for andre lande.

For kraftreaktorernes vedkommende blev der i 2007 ikke rapporteret nogen INES hændelser højere end niveau 1. Til sammenligning forekom der i 2006 tre INES-2 hændelser på kernekraftværkerne, hvor Forsmark-1 hændelsen den 25. juli 2007 tiltrak sig mest interesse i mediernes. Hændelser uden sikkerhedsmæssig betydning kan undertiden tiltrække sig stor mediemæssig opmærksomhed, og dette skete netop i juli 2007, hvor et kraftigt jordskælv ramte det japanske kernekraftværk Kashiwazaki-Kariwa i Japan. Der er flere interessante aspekter ved dette uheld, som er beskrevet nedenfor.

Der skete i 2007 mere alvorlige hændelser, der ikke er knyttet til kernekraft. Den alvorligste fandt sted i Spanien den 22. juli 2007 i forbindelse med radiografi i et industrielt anlæg, hvor en 2 TBq Co-60 gammakilde gav en dosis på 718 mSv til en person, der var ved at klargøre kilden. Dette er en meget stor dosis, der er oppe i området, hvor der kan forekomme symptomer på strålesyge. Den blev klassificeret som en niveau-3 hændelse.

#### *Kashiwazaki-Kariwa hændelsen den 16. juli 2007, Japan. INES-0.*

Værket Kashiwazaki-Kariwa, der består af 7 kogendevandssreaktorer, ligger nordvest for Tokyo ved det Japanske Hav. Reaktorenhederne 6 og 7 fra henholdsvis 1996 og 1997 er af den moderne type af kogendevandsreaktorer, Advanced Boiling Water Reactor (ABWR). Kernekraftværket er det største i verden med en samlet netto elektrisk effekt på 7965 MWe.



Den 16. juli 2007 udløstes et jordskælv med epicenter ca. 19 km fra værket. Det blev bedømt til 6.6-6.8 på Richterskalaen. Enhederne 3, 4 og 7 kørte op til hændelsen på fuld effekt, mens enhed 2 var under opstart. De fire kørende enheder lukkede automatisk ned efter forskrifterne, da rystelserne blev detekteret af værkets accelerometre. De resterende enheder var allerede nedlukket. Der blev efterfølgende fundet radioaktivt vand på gulve i enhed 6, vand fra brændselsbassinet var sprøjtet ud på gulvet i enhed 7, hustransformatoren ved enhed 3 var brændt, og der havde været radioaktivt udslip til luften og havet fra enhed 7. Derudover var der

sket en række mindre skader, som f.eks. en bøjet ventilationsskakt, men de var alle uden betydning for reaktorsikkerheden.

Allerede dagen efter hændelsen kunne myndighederne meddele, at udslippene var stoppet, og at de havde været inden for de tilladte grænseværdier. Den sorte røg fra transformatoren havde skabt bekymring hos befolkningen, men den blev slukket efter to timer og var uden betydning for reaktorsikkerheden. En nærmere gennemgang af værket blev efterfølgende sat i værk, for at se om der var fejl, der var opstået som følge af de kraftige rystelser. Det er en særdeles omfattende opgave at gennemgå værkets enkelte dele for eventuelle skjulte fejl, og en opstart af værket kan derfor først forventes omkring midten af 2008.

Det interessante ved hændelsen er, at aldrig før er et kernekraftværk blevet ramt af så kraftigt et jordskælv, hvilket giver mulighed for at indhøste nye erfaringer. IAEA har via sin "Engineering Safety Review Services" sendt eksperthold til værket, hvilket har resulteret i missionsrapporter, hvor erfaringerne fra hændelsen er opsamlet. Jordskælvets styrke overskred grænserne for design basis for værket. Design basis jordskælv eller rettere, design peak ground acceleration (PGA), S1, for værket ligger på 0.17g - 0.27g, afhængig af enhed. Værk skal være designet til at kunne operere op til S1, men reaktoren skal lukke automatisk ned ved lavere værdier, i det konkrete tilfælde ved 0.12g. Den såkaldte "upper limit PGA" ved "extreme design earthquake", S2, ligger for dette værk på 0.45g. De aflæste seismometre på værket viste under hændelsen maksimale værdier på 0.27g - 0.68g, så S1 designværdier blev overskredet på alle enheder, mens S2 designværdier blev overskredet på enhederne 1, 2 og 4, hvilket var overraskende. At værket klarede jordskælvet uden alvorlige problemer, skyldtes konservative antagelser ved konstruktionen af værket.

På baggrund af "lessons learned" står det klart, at de geofysiske forudsætninger, herunder bl.a. afstanden til nærmeste forkastning, kræver en opdatering, hvis man skal kunne nå frem til en mere realistisk værdi af PGA for undergrunden omkring værket. En forkastning er grænseområdet mellem to geologiske plader, og den kan være enten aktiv eller passiv. De mulige seismiske rystelser har været betydeligt underestimerede. Ved at gennemgå værkets interne strukturer under mere realistiske antagelser, og under udnyttelse af de nyindvundne erfaringer, vil man kunne opnå en mere korrekt bedømmelse af, hvad værkets forskellige bestanddele rent faktisk vil kunne klare, og man kan så sammenholde dette med et opdaterede sæt PGA værdier, S1, S2.

Den alvorligste konklusion fra hændelsen kan meget vel være, at man har fejlbedømt såvel længden af de nærmeste aktive forkastninger som deres afstande til værkområdet allerede dengang, man skulle vælge placering af værket. Hvis det viser sig, at man i dette område kan forvente langt kraftigere jordskælv end hidtil antaget, kan en opgradering af værket vise sig meget vanskelig. Dette undersøges bl.a. i de såkaldte "back-checks", som forventes afsluttet i december 2008. Både historiske data og geologiske undersøgelser er relevante for beregning af S1-værdien. Til beregning af S2-værdien, der er knyttet til det kraftigste jordskælv, man kan forestille sig, må der inddrages yderligere geologiske undersøgelser. I Frankrig baserer man sig f.eks. på, at et værk skal kunne klare et jordskælv, der er dobbelt så kraftigt som noget jordskælv, der er registreret inden for de sidste 1000 år. Da S1 og S2 er sted-afhængige, kan disse værdier være afgørende for valget af geografisk placering af et kernekraftværk i jordskælvsramte lande.

## 3.2 Internationale forhold og konflikter

### *Indien*

Aftalen om nukleart samarbejde, som Indien indgik med USA i 2005, er endnu ikke færdigbehandlet af alle involverede instanser. Aftalen går ud på, at Indien skal dele sine nukleare anlæg op i to dele, de militære, som ikke skal underkastes kontrol, og de civile, som skal underlægges IAEA-kontrol. Endvidere må Indien ikke foretage yderlige nukleare sprængninger. Til gengæld vil Indien få mulighed for at importere uran og kernekraftenheder fra udlandet. Indien har indledt forhandlinger med IAEA om den kontrolaftale, der skal gælde for den civile del af de indiske anlæg. Når aftalen er godkendt af IAEA's Board of Governors, skal den dernæst godkendes af Nuclear Suppliers Group og til slut af den amerikanske kongres. Venstrefløjspartier, som er en del af den indiske regerings parlamentariske grundlag, har betænkeligheder ved aftalen, bl.a. på grund af den indflydelse USA gennem aftalen får på Indiens kerneenergiaktiviteter og på grund af IAEA-kontrollen, og den har truet med at bringe regeringen til fald på grund af aftalen.

Gennemførelsen af aftalen betyder for Indien, at landet accepteres som de facto, men ikke de jure kernevåbenmagt, ligesom Indien får mulighed for at importere kernekraftenheder og uran til reaktorbrændsel. Reaktorfirmaer i såvel USA, Rusland og Frankrig står på spring for at bygge kernekraftenheder i Indien. Import af uran, naturligt såvel som beriget, er vigtigt for Indien, idet landets uranforekomster, som skal dække såvel de militære som de civile behov, er begrænsede. For USA betyder aftalen et forbedret forhold til Indien, en kommende stormagt, og eksportmuligheder for amerikanske reaktorfirmaer.

En gennemførelse af aftaler som den indisk-amerikanske kan næppe undgå at svække NPT, idet sådanne aftaler vil betyde, at nye lande, der går igang med at fremstille kernevåben, kan regne med, at de efter en "karantæne-periode" på et antal år frit kan importere nuklear teknik og materialer til fredelige formål under IAEA-kontrol, mens deres militære, nukleare anlæg holdes uden for denne.

### *Iran*

Iran har på trods af resolutioner vedtaget i FN's sikkerhedsråd fortsat med at installere centrifuger i berigningsanlægget, FEP, ved Natanz og at indføre UF<sub>6</sub> i disse. I november 2007 var der installeret 18 kaskader, hver med 164 centrifuger, d.v.s. ialt knap 3000 centrifuger, og i december 2007 var der siden februar indført 1670 kg UF<sub>6</sub> i anlægget, som har produceret ca. 75 kg 3.8% beriget uran. Desuden har man i det mindre pilotberigningsanlæg (PFEP) afprøvet kaskader med 10, 20 og 164 centrifuger. Iran har også oplyst, at man arbejder med udvikling af fire nye, forbedrede centrifuger. Om dette arbejde er baseret på designinformation fra Pakistan, eller om der er tale om en rent iransk indsats, er ikke oplyst. Endvidere er der i konvertionsanlægget (UCF) i Isfahan ialt produceret 266 tons UF<sub>6</sub>. Endelig er byggeriet ved Arak af den tungtvands-modererede og -kølede reaktor, IR-40, fortsat. Anlægget ved Arak til produktion af tungt vand er i drift. IAEA har haft lejlighed til at inspicere centrifugeanlægene og tungtvandsreaktoren, men ikke tungtvandsproduktionsanlægget, idet Iran endnu ikke har tiltrådt Tillægsprotokollen til Ikke-spredningstraktaten. Som følge heraf har IAEA ikke ret til at inspicere anlægget. IAEA og Iran er enige om at få opklaret forskellige tvivlsspørgsmål, som er fremkommet i forbindelse med IAEA's inspektioner.

Der har i FN været forhandlet om at øge sanktionerne mod Iran, og USA har strammet sine. En rapport fra det amerikanske National Intelligence Council har oplyst, at Iran i tredje kvartal af 2003 indstillede sit kernevåbenprogram, og at det ikke senere er blevet genoptaget.

### *Israel*

Den israelske atomenergikommission har udtrykt ønske om at indføre kernekraft i landet. Et problem er, at da Israel ikke er tilsluttet Ikke-spredningstraktaten (NPT), kan landet kun importere kernekraftenheder, såfremt det tillader IAEA-kontrol med alle dets nukleare faciliteter. Noget sådant vil Israel ikke acceptere. Israel har derfor argumenteret for, at landet indgår en aftale med USA på linie med den indisk-amerikanske, således at Israels militære, nukleare anlæg holdes uden for IAEA-kontrol, så denne kontrol kun vil gælde for kommende kernekraftværker.

### *Nordkorea*

De langtrukne forhandlinger, der blev indledt i 2003 mellem Nordkorea, USA, Kina, Sydkorea, Rusland og Japan om afvikling af Nordkoreas kernevåbenprogram, førte i februar frem til en aftale. Nordkorea skal nedlukke sin produktionsreaktor og sit kemiske oparbejdningsanlæg i Yongbyon med henblik på senere at gøre anlæggene ubrugelige, og Nordkorea skal igen tillade IAEA at kontrollere anlæggene. Nordkorea vil fremlægge en liste over alle landets nukleare anlæg og drøfte denne med forhandlingspartnerne. Til gengæld vil USA og Nordkorea indlede forhandlinger, der sigter mod fuld diplomatisk kontakt, ligesom USA vil få fjernet Nordkorea fra listen over lande, der er sponsor af terrorisme. Japan og Nordkorea vil ligeledes indlede forhandlinger om at normalisere forbindelserne mellem de to lande. Endelig vil parterne samarbejde om økonomisk og humanitær bistand til Nordkorea, herunder indlede levering af 1 mio. tons brændselsolie. Gennemførelsen af aftalen skulle påbegyndes inden for de følgende 60 dage.

Men aftaler med Nordkorea er erfaringsmæssigt ikke så lette at gennemføre. Først nægtede Nordkorea at lukke sine nukleare anlæg, før indefrosne midler på 140 mio. kr i en bank i Macau blev frigivet. Pengene blev frigivet i juni, og de første IAEA-inspektører ankom samme måned til Nordkorea. I midten af juli blev fire nukleare anlæg i Yongbyon lukket ned, bl.a. produktionsreaktoren og oparbejdningsanlægget. I september lovede Nordkorea at gøre alle sine nukleare programmer uanvendelige inden årets udgang og at fremkomme med den aftalte liste over alle landets nukleare anlæg. Samme måned aflagde en delegation af amerikanske eksperter besøg i Yongbyon. Ved årets udgang havde Nordkorea endnu ikke leveret listen over landets nukleare anlæg, hvorfor landet har fået udsættelse til udgangen af 2008. Nordkorea har heller ikke gjort sine nukleare anlæg ubrugelige. Det er ikke klart, hvad der skal lægges i ubrugeliggørelse (engelsk: disablement). Alle involverede anlæg er i dag formentlig lukket ned, men det vil tage mange år at fjerne dem. Ubrugeliggørelse betyder formentlig, at der skal foretages sådanne indgreb i anlæggene, at de kun med meget store vanskeligheder kan startes igen. Der kan f.eks. være tale om injektion af beton i alle produktionsreaktorens brændselskanaler, efter at de er tømt for uranstave. Et andet spørgsmål er, hvad der skal ske med det bestrålede uranbrændsel, der endnu ikke er oparbejdet og med det plutonium, som er produceret i Yongbyon-reaktoren, og som formentlig for en dels vedkommende befinder sig i Nordkoreanske kernevåben.

### *Pakistan*

Den pakistanske regering har peget på, at den amerikansk-indiske aftale indebærer risiko for et kernevåbenkapløb mellem Indien og Pakistan. Den mener, at der bør indgås en aftale med både Indien og Pakistan, således at også Pakistan vil få mulighed for at importere kernekraftenheder og uranbrændsel. En sådan aftale kunne kombineres med en aftale om stop for produktion af spalteligt materiale til kernevåben.

Lederen af det pakistanske berigningsprojekt, Abdul Q Khan arbejdede nogle år i 1970'erne i Holland med udvikling af berigningscentrifuge, og da han senere vendte

tilbage til Pakistan, medtog han ulovligt designinformation om to hollandske centrifuger. Denne information benyttede han til udvikling af de første pakistanske centrifuger, P-1 og P-2. Senere udviklede man i Pakistan to forbedrede centrifuger, P-3 og P-4, som hævdes at minde om to nyere, hollandske centrifuger, 4-M og TC-10. Udviklingen af TC-10-centrifugen blev først påbegyndt, efter at Khan havde forladt Holland. Såfremt P-4 centrifugen er baseret på det hollandsk TC-10-design, må Khan stadig have haft adgang til at skaffe sig viden om det hollandske centrifugearbejde.

### *Syrien*

Den 6. september 2007 angreb israelske fly en bygning nær Eufkrat-floden nordøst for Damaskus. Ubekræftede medierapporter har hævdet, at Syrien i denne bygning var ved at opføre en plutoniumproduktionsreaktor med nordkoreansk hjælp. Andre medierapporter har hævdet, at der var tale om et anlæg til fremstilling af kernevåben med plutonium leveret fra Nordkorea. Knap to måneder efter angrebet var alle spor af den angrebne bygning blevet fjernet. Fra syrisk side har man kategorisk afvist, at en reaktor var under opførelse på stedet. Syrien tilsluttede sig NPT i 1969. Sagen vil blive undersøgt af IAEA.

## **Sikring mod spredning af kernevåben**

### *GNEP*

I 2006 tog USA initiativet til oprettelse af Global Nuclear Energy Partnership (GNEP), der har til formål at begrænse risikoen for spredning af kernevåben ved den forventede bygning af kernekraftværker i stadig flere lande. Oprindeligt skulle dette ske ved, at mindre lande, som indfører eller har indført kernekraft, skal sikres forsyning af det nødvendige brændsel, som til gengæld efter brug returneres til leverandørlandet. Samtidig skal disse lande undlade selv at bygge berignings- eller oparbejdningsanlæg. Endvidere skal oparbejdning, der medfører udvinding af rent plutonium, undgås, ligesom der skal udvikles hurtige reaktorer (ABR), der kan forbrænde alle transuraner, og disse skal bl.a. benyttes til at forbrænde det plutonium, der findes i militære lagre og i udbrændt brændsel fra kernekraftværker. Ligeledes skal der udvikles mindre kraftreaktorenheder, som kan indpasses i udviklingslandenes elnet. Frankrig, Japan, Kina og Rusland sluttede op om GNEP, som efterhånden har fået 21 medlemmer. Udover de fem stormagter er Canada, Italien, UK, Bulgarien, Litauen, Polen, Rumænien, Slovenien, Ungarn, Kazakstan, Ukraine, Jordan, Ghana, Senegal, Sydkorea og Australien medlemmer af samarbejdet.

GNEP står dog overfor en række problemer. Ved GNEP-mødet i september 2007 underskrev de daværende 16 medlemslande de grundlæggende principper for GNEP, som imidlertid ikke indeholdt noget krav om, at de mindre medlemslande skal give afkald på selv at bygge anlæg til uranberigning eller oparbejdning af bestrålet brændsel. GNEP's stilling til formeringsreaktorer er ikke klar. Det er heller ikke klart, om det højaktive affald (fissionsprodukter) efter oparbejdning vil blive returneret til det land, i hvis reaktorer brændslet er blevet benyttet. Såfremt lande som Indien, Pakistan og Israel kan blive medlemmer af GNEP, kan dette undergrave ikke-spredningsbestrebelsene.

Der har i en række lande været betænkelighed ved at deltage i GNEP, men den mere liberale holdning til berigning og oparbejdning, som kom frem på GNEP's septembermøde, vil givetvis mindske betænkelighederne. På den anden side vil denne holdning også gøre risikoen for spredning af kernevåben større.

### *IAEA*

I fortsættelse af IAEA's forslag om, at IAEA skal drive et eksterriortalt berigningscenter, hvorfra lande, der ikke selv har berigningsanlæg, kan sikre sig den nødvendige brændselsforsyning til landets kernekraftenheder, har Tyskland har foreslået, at et sådant center opføres i et tredje-verdensland og forsynes med berigningsudstyr (centrifuger) fra et eksisterende berigningskonsortium, f. eks. Urenco. Konsortiet skal formentlig også stå for den tekniske vedligeholdelse af anlægget. Også andre lande, f.eks. Japan, Rusland, UK og USA har udtrykt interesse i en sådan ordning.

# APPENDIKS A: INES, den internationale skala for uheld på nukleare anlæg

På foranledning af IAEA og OECD/NEA blev der i 1990 udviklet en skala til angivelse af den sikkerhedsmæssige betydning af uheld på nukleare anlæg og uheld ved transport af radioaktivt materiale.

Skalaen betegnes INES, International Nuclear Event Scale, og omfatter otte uheldsklasser, fra klasse 0 til 7 (se figuren). Hændelser, der ikke har nogen sikkerhedsmæssig betydning, placeres i klasse 0, mens alvorlige ulykker med udslip af store mængder radioaktivt materiale hører til klasse 7.

Uheldsklassen bestemmes ud fra tre kriterier:

- Påvirkning af omgivelserne
- Påvirkning af anlægget
- Degradering af dybdeforsvaret (anlæggets sikkerhedssystem).

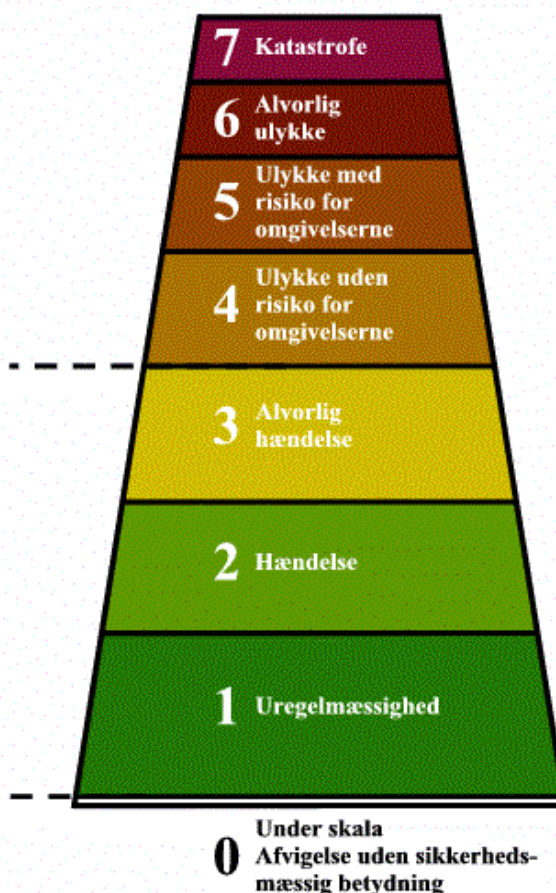
Uheld med påvirkning af omgivelserne ved udslip af radioaktivt materiale er det mest alvorlige kriterium og dækker klasse 3 til 7. Uheld, hvor der udelukkende sker en påvirkning af anlægget, f.eks. skader

på reaktorkernen eller bestråling af personale, placeres i klasse 2 til 5. Det sidste kriterium, degradering af et anlægs dybdeforsvar, betyder, at en eller flere sikkerhedsbarrierer (tekniske/menneskelige) svigter. Uheld, hvor sikkerhedsbarrierer påvirkes, betegnes som hændelser og rubriceres fra klasse 1 til 3. Af de tre kriterier vil det, der giver den højeste klasse for uheldet, være det afgørende kriterium.

I alt 60 lande har i dag tilsluttet sig INES-systemet. Kort efter en hændelse skal ejeren af anlægget efter samråd med det pågældende lands sikkerhedsmyndighed beskrive hændelsen med angivelse af en (evt. foreløbig) INES-klasse. IAEA informerer derefter de lande, der har tilsluttet sig systemet, om den indtrufne hændelse og klassificering. Sikkerhedsmyndigheden kan efter behov efterfølgende korrigerer klassificeringen, hvis myndigheden ved nærmere analyse finder en anden klasse mere korrekt.

## Eksempler på INES-klassifikation

- INES-7: Tjernobyl, 1986. Havariet af Tjernobyl-4 reaktoren i Ukraine førte til omfattende påvirkninger af mennesker og miljø.
- INES-6: Kyshtym, 1957. En eksplosion på oparbejdningsanlægget i Kyshtym i Rusland medførte at store mængder radioaktivt affald blev spredt til omgivelserne.
- INES-5: Three Mile Island, 1979. Ulykken på kernekraftværket i Pennsylvania medførte en nedsmeltning af reaktorkernen, mens påvirkningen af omgivelserne var meget begrænsede.





- INES-4: Tokai Mura, 1999. Kritikalitetsulykken på brændselsfabrikken Tokai Mura i Japan medførte en kraftig bestråling af personale.
- INES-3: Studsvik, 2002. En forsendelse af radioaktivt materiale fra Studsvik i Sverige til USA viste sig at have et stærkt forhøjet strålingsniveau uden for beholderen.

### Kriterier for klassifikation af ulykker efter INES-skalaen

<b>Trin/ Betegnelse</b>	<b>Begivenhed</b>
<b>7 Katastrofe</b>	Udslip til omgivelserne af en stor del af det radioaktive materiale i et stort anlæg, f.eks. reaktorkernen på et kernekraftværk. Udslippet vil bestå af en blanding af kort- og langlivede radioaktive fissionsprodukter og kan føre til akutte stråleskader, sene stråleskader i et større område samt medføre alvorlige miljøkonsekvenser.
<b>6 Alvorlig ulykke</b>	Udslip til omgivelserne af radioaktivt materiale. Udslippet vil typisk kræve fuld iværksættelse af modforholdsregler for at modvirke alvorlige stråleskader.
<b>5 Ulykke med risiko for omgivelserne</b>	Udslip til omgivelserne af begrænsede mængder radioaktivt materiale. Udslippet vil typisk kræve delvis iværksættelse af modforholdsregler for at mindske sandsynligheden for stråleskader.  Alvorlig skade på det nukleare anlæg, f.eks. skade på en stor del af en reaktorkerne, et stort kritikalitetsuheld, eller en brand, hvor større mængder radioaktivt materiale frigives inden for anlægget.
<b>4 Ulykke uden risiko for omgivelserne</b>	Udslip til omgivelserne af mindre mængder radioaktivt materiale, resulterende i strålingsdoser til de mest udsatte personer på nogle få millisievert (mSv). Udslippet kræver næppe iværksættelse af modforholdsregler, bortset fra eventuel lokal fødevarekontrol.  Større skader på et kernekraftværk, f.eks. en delvis kernenedsmeltning, eller tilsvarende hændelser på andre nukleare anlæg.  Bestråling af en eller flere arbejdere på anlægget, som medfører en stor sandsynlighed for dødsfald.
<b>3 Alvorlig hændelse</b>	Radioaktivt udslip til omgivelserne ud over de tilladte værdier, resulterende i strålingsdoser til de mest udsatte personer udenfor anlægget på nogle tiendedele af en millisievert. Udslippet vil muligvis ikke nødvendiggøre iværksættelse af modforholdsregler.  Hændelse, hvor strålingsdoser til en eller flere arbejdere på anlægget kan føre til akutte stråleskader; og hændelse som resulterer i en alvorlig radioaktiv forurening af et område indenfor anlægget.  Hændelse med store svigt i sikkerhedssystemet, hvor yderligere svigt af sikkerhedssystemet kan føre til en ulykke.
<b>2 Hændelse</b>	Hændelse med store svigt i sikkerhedsforholdene, men med tilstrækkelig dybdeforsvar tilbage til at modstå yderligere svigt.  Hændelse hvor en eller flere arbejdere får en strålingsdosis, der overskrider den tilladte årlige grænseværdi; og hændelse som resulterer i en betydende radioaktiv forurening i dele af anlægget.
<b>1 Uregelmæssighed</b>	Hændelse, hvor betingelserne for drift overskrides, f.eks. ved afvigelse fra tekniske specifikationer eller brud på transportregulativer, men hvor dybdeforsvaret fortsat er betydeligt.

# APPENDIKS B: Internationale organisationer

## *EURATOM*

EURATOM-traktaten er en af EU's oprindelige traktater. Hovedelementerne i traktaten er strålingsbeskyttelse af såvel arbejdstagere som befolkningen i almindelighed, forsyning med fissile materialer, sikring af sådanne materialer mod misbrug til uautoriserede formål (safeguards) og generelle aspekter som forskning og formidling af information. Sikkerhed ved drift af nukleare anlæg og håndtering af radioaktivt affald har primært været nationale anliggender med internationalt samarbejde omkring standardisering og "best practice" m.m. I de senere år har kommissionen imidlertid også taget initiativer på disse områder, f.eks. har den i 2003 foreslået direktiver vedr. sikkerhed ved nukleare anlæg og håndtering af radioaktivt affald.

<http://euratom.org>

## *IAEA*

International Atomic Energy Agency (IAEA) er en international organisation under FN, som har til formål at fremme det internationale videnskabelige og teknologiske samarbejde om den fredelige udnyttelse af nuklear teknologi, herunder kernekraft-teknologi. Organisationen blev grundlagt i 1957 som en kulmination af de internationale bestræbelser for at følge op på Præsident Eisenhowers "Atoms for Peace"-program fra 1953. Med udgangen af 2006 havde organisationen 144 medlemsstater og der var indgået safeguard-aftaler med 156 lande.

IAEA formidler overførsel af nuklear teknologi og viden på området til udviklingslandene. IAEA udvikler standarder inden for nuklear sikkerhed og arbejder derigennem på at opnå og vedligeholde et højt niveau for sikkerheden ved nuklear energiproduktion og for beskyttelsen af mennesker og miljø mod de skadelige virkninger af ioniserende stråling. Som et led i ikke-spredningsaftalen (NPT) overvåger IAEA, at de nukleare anlæg og materialer, som medlemsstaterne har tilmeldt IAEA's inspektionssystem, kun anvendes til fredelige formål.

IAEA har hovedkvarter i Wien, Østrig, hvor der er ansat ca. 2300 medarbejdere.

[www.iaea.org](http://www.iaea.org)

[www.iaea.org/programmes/a2/index.html](http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html): IAEA's Nuclear Power Reactor Information System (PRIS), med data om verdens kernekraftværker mv.

[www-news.iaea.org/news](http://www-news.iaea.org/news): IAEA's Nuclear Events Web-based System, med information om INES-hændelser.

## *OECD/NEA*

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) er udsprunget af Organisation for European Economic Co-operation (OEEC), som blev oprettet for at administrere Marshall-planen for den europæiske genopbygning efter 2. verdenskrig. OECD har i dag 30 medlemslande, der alle bekender sig til en demokratisk styreform og markedsøkonomi. OECD's opgave er at støtte medlemslandenes økonomiske og administrative udvikling og fremme samarbejdet mellem landene inden for økonomi, uddannelse, teknologi og forskning m.m. Nuclear Energy Agency (NEA) er en organisation inden for OECD. NEA's formål er at støtte

medlemslandenes fortsatte udvikling af det videnskabelige, teknologiske og lovgivningsmæssige grundlag for en sikker, miljøvenlig og økonomisk udnyttelse af kerneenergien til fredelige formål. NEA har et tæt samarbejde med EU-kommissionen og en samarbejdsaftale med IAEA. NEA samarbejder også med ikke-medlemslande i Central- og Østeuropa. NEA har i dag 28 medlemslande.

NEA støtter en række samarbejdsprojekter medlemslandene imellem vedrørende nuklear sikkerhed, strålingsbeskyttelse, håndtering af radioaktivt affald og dekommissionering m.m. NEA har sit hovedsæde i Paris, Frankrig. Arbejdet er organiseret i en række komitéer med deltagelse af mere end 500 eksperter fra medlemslandene.

[www.nea.fr](http://www.nea.fr)

### *UNSCEAR*

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) er en videnskabelig komite under FN. Den blev etableret i 1955 som reaktion på de atmosfæriske prøvesprængninger af nukleare våben og det medfølgende globale radioaktive nedfald. Det er komiteens opgave at indsamle og evaluere information om niveauerne af ioniserende stråling og radioaktivitet stammende fra både menneskeskabte og naturlige kilder og at studere de mulige virkninger på mennesker og miljø.

UNSCEAR består af videnskabsmænd fra 21 medlemslande. Danmark er ikke medlem. De 21 medlemslande har hver én repræsentant i komiteen. Komiteen og sekretariatet arbejder sammen med videnskabsmænd over hele verden for at etablere databaser over eksponeringer til ioniserende stråling og information om eksponeringernes virkning. UNSCEAR's hovedsæde ligger i Wien.

[www.unscear.org](http://www.unscear.org)

### *WENRA*

Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA) er en sammenslutning af lederne af en række vesteuropæiske landes nukleare tilsynsmyndigheder. Sammenslutningen omfatter Belgien, Bulgarien, Finland, Frankrig, Holland, Italien, Litauen, Rumænien, Schweiz, Slovakiet, Slovenien, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tjekkiet, Tyskland og Ungarn. Sammenslutningens formål er at udvikle en fælles tilgang til kernekraftsikkerhed med hovedvægten på EU-området.

[www.wenra.org](http://www.wenra.org)

### *WANO*

The World Association of Nuclear Operators (WANO) er en global forening af alle selskaber, der driver kernekraftværker. WANO formidler samarbejde og udveksling af driftserfaringer mellem operatørerne med det formål at opnå den højest mulige sikkerhed og pålidelighed for kernekraftværkerne.

[www.wano.org.uk](http://www.wano.org.uk)

### *WNA*

The World Nuclear Association (WNA) er en global samarbejdsorganisation for industrivirksomheder, der arbejder inden for den nukleare industri, omfattende kernekraftværker og alle aspekter af brændselskredsløbet. WNA's formål er at være det globale forum for den nukleare industri og at informere om nukleare spørgsmål.

[www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)

## Nordiske myndigheder

*Beredskabsstyrelsen, Danmark*

[www.brs.dk](http://www.brs.dk)

[www.brs.dk/nuc/default.asp](http://www.brs.dk/nuc/default.asp): Beredskabsstyrelsens Nukleare Kontor; oplysninger om det danske atomberedskab.

[www.info.nucinfo.dk/denmark](http://www.info.nucinfo.dk/denmark): Nucinfo, Beredskabsstyrelsens informationsværktøj vedrørende nukleare forhold.

*Statens Institut for Strålehygiejne (SIS), Danmark*

[www.sis.dk](http://www.sis.dk)

*Geislavarnir Ríkisins, Island*

[www.gr.is](http://www.gr.is)

*Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), Finland*

[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

*Statens Strålevern, Norge*

[www.nrpa.no](http://www.nrpa.no)

*Statens kärnkraftinspektion (SKI), Sverige*

[www.ski.se](http://www.ski.se)

*Statens Strålskyddsinstitut (SSI), Sverige*

[www.ssi.se](http://www.ssi.se)

## APPENDIKS C: Anvendte forkortelser

ABR	Advanced Burner Reactor, hurtigreaktor, der forbrænder transuraner
ABWR	Advanced Boiling Water Reactor, den avancerede kogendevandsreaktor
ACR	Advanced CANDU Reactor, tungtvandsmodereret reaktor med letvandskøling og svagt beriget uran
AECL	Atomic Energy of Canada Ltd, canadisk kerneenergiselskab
AGR	Advanced Gas-cooled Reactor, den engelske, avancerede gaskølede reaktor
ANP	Advanced Nuclear Power, avanceret kernekraft
ATMEA	Reaktorfirma ejet af Areva og Mitsubishi Heavy Industries
AP-1000	Westinghouse's avancerede kraftreaktor (PWR) på 1000 MWe
APR-1400	Advanced Pressurized Reactor, sydkoreansk trykvandsreaktor
Areva	Fransk kerneenergikonserntium
ASE	Atomstoyexport, russisk firma, der eksporterer kernekraftværker
BN	Hurtig reaktor (russisk)
BNFL	British Nuclear Fuels Ltd, britisk, statsligt kernebrændsels- og reaktorfirma
BNG	British Nuclear Group, datterselskab af BNFL, der skal stå for dekommissioneringen af Magnoxenhederne
BREST	Russisk hurtigreaktor med blykøling
BRS	Beredskabsstyrelsen
BWR	Boiling Water Reactor, kogendevandsreaktor
CANDU	Canadian Deuterium Uranium, den canadiske tungtvandsreaktor af trykrørstypen
Cd	Grundstoffet cadmium
CDU	Christlich-Demokratische Union, tysk politisk parti
Cngpc	China Power Investment Corporation, kinesisk kernekraftselskab
CNNC	China National Nuclear Corporation, kinesisk kernekraftselskab
CNP.600	China Nuclear Plant 600, kinesisk 600 MWe PWR enhed
CNP-1000	China Nuclear Plant 1000, kinesisk 1000 MWe PWR enhed
CPR-1000	Kinesisk trykvandsreaktor
COL	Construction and Operation Licence, kombineret amerikansk byggedriftstilladelse
CO <sub>2</sub>	Kuldioxid
CSU	Christlich-Soziale Union, tysk politisk parti
DDP	Demonstration Power Plant, prototype for PBMR
DTU	Danmarks Tekniske Universitet
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development, den europæiske udviklingsbank for Central- og Østeuropa
EdF	Electricité de France, det franske, statslige el-selskab
Enel	Italiensk el-selskab
E.On	Tysk energiselskab
EPR	European Pressurized Reactor, trykvandsreaktor udviklet i et samarbejde mellem Framatome og Siemens
ESBWR	Economic Simplified Boiling Water Reactor, økonomisk, forenklet kogendevandsreaktor
Eskom	Sydafrikansk el-selskab
ESP	Early Site Permit, forhåndsgodkendelse i USA af arealer til bygning af kernekraftenheder
EURATOM	EU-traktat om nukleare forhold

FAEA	Det federale russiske atomenergiagentur, også kaldet Rosatom
FBR	Fast Breeder Reactor, hurtig formeringsreaktor
FEP	Fuel Enrichment Plant, det iranske berigningsanlæg
GCC	Gulf Cooperation Council, samarbejdsorgan for lande på den arabiske halvø.
GCR	Gas Cooled Reactor, gaskølet reaktor
GE	General Electric, amerikansk reaktorfirma
GIF	Generation IV Forum, USA-ledet, internationalt samarbejde om udvikling af nye reaktortyper
GNEP	Global Nuclear Energy Partnership, USA ledet samarbejde om etablering af internationale brændselscentre
GWe	Gigawatt elektrisk
IAEA	International Atomic Energy Agency, FN's atomenergiagentur
IEA	International Energy Agency, OECES energiagentur
INES	International Nuclear Event Scale, IAEA's skala for radiologiske og nukleare uheld
ISF	Intermediate Storage Facility, mellemlager for udbændt brændsel
KHNPC	Korea Hydro & Nuclear Power Company, sydkoreansk elselskab
kW	kilowatt
KWU	Tidligere tysk reaktorfirma, ejet af Siemens
LWR	Light Water Reactor (BWR og PWR), letvandsreaktor
MHI	Misubishi Heavy Industries, japansk reaktorfirma
MOX	Mixed OXide fuel, reaktorbrændsel fremstillet af en blanding af plutonium- og urandioxid
MWe	Megawatt elektrisk
NDA	Nuclear Decommissioning Authority, statslig organisation, der står der står for dekommissionering i UK
NEA	Nuclear Energy Agency, OECD's kerneenergiorganisation
NEK	Bulgarsk statsligt el-selskab
NEWS	Nuclear Events Web-based System, IAEA's hjemmeside med meddelser om nukleare hændelser
NPT	Non Proliferation Treaty, ikke-spredningsaftalen
NRG Energy	Amerikansk el-selskab
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA's reaktorsikkerhedsmyndighed
NSG	Nuclear Suppliers Group, international gruppe, der kontrollerer eksport af komponenter til nukleare anlæg
NuStart	Konsortium af amerikanske elselskaber og reaktorleverandører
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
QEEC	Organisation for European Economic Co-operation
OSART	Operational SAFety Review Team. IAEA-hold, der vurderer reaktor sikkerhed på enheder i medlemslande
PBMR	Pepple Bed Modular Reactor, højtemperatur reaktor med kugleformede brændselselementer
PFEP	Pilot Fuel Enrichment Plant, iransk forsøgsberigningsanlæg
PHWR	Pressurized Heavy Water Reactor, tungtvands-modereret trykvandsreaktor
Pu	Grundstoffet plutonium
PWR	Pressurized Water Reactor, trykvandsreaktor
RBMK	Reaktor-stor-effekt-kanaltype, russisk reaktor med grafit moderator og kogendevandskøling (Tjernobyl-typen)
REA	Det russiske statslige el-selskab for kerneenergi
Rosatom	Det føderale russiske atomenergiagentur
RWE	Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk, tysk el-selskab
SIS	Statens Institut for Strålehygiejne

SKI	Statens kärnkraftinspektion, den svenske reaktorsikkerhedsmyndighed
Snerdi	Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute, kinesisk reaktorfirma
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands, tysk politisk parti
SSI	Statens StrålskyddsInstitut (Sverige)
STP	South Texas Project, amerikansk kernekraftværk
STUK	Den finske myndighed for nuklear- og strålingssikkerhed
Tenex	Technabexport, russisk firma, der står for eksport af kernebrændsel
Tepco	Tokyo Electric Power Company, et japansk elselskab
TNPC	Taishan Nuclear Power co, kinesisk kernekraftselskab
TVA	Tennessee Valley Authority, amerikansk elektricitetselskab
TVEL	Russisk reaktorbrændselsproducent
TVO	Teollisuuden Voima Oy, finsk el-selskab
TWh	Terawatt-time. 1 TWh = 1 milliard kWh
U	Grundstoffet uran
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, videnskabelig komité under FN om virkninger af stråling
UniStar	Joint venture mellem det amerikanske firma Constellation og EDF
UO <sub>2</sub>	Urandioxid
USAPWR	Mitsubishi's Advanced Pressurized Water Reactor for det amerikanske marked
USD	Amerikanske dollar
USEPR	Amerikansk udgave af den franske EPR
VBER-300	Russisk trykvandsreakortype
VK	Russisk kogendevandsreaktor
VVER	Vand vand energi reaktor, russisk udgave af trykvandsreaktoren
VVM	Vurdering af Virkninger på Miljøet
WANO	World Association of Nuclear Operators, global organisation for elselskaber med kernekraftværker
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association, organ for europæiske reaktorsikkerhedsmyndigheder
WNA	The World Nuclear Association, global sammenslutning af virksomheder inden for den nukleare industri

Risøs forskning skal være med til at løse konkrete problemer.

Vi sætter mål for forskningen gennem løbende dialog med erhvervsliv, det politiske system og forskere.

Effekten af vores forskning er bæredygtig energiforsyning og ny teknologi til sundhedssektoren.

