

# Kärnkraft i vår omvärld

ETT NYHETSREVE FRÅN ENERGIFORSK • KÄRNKRAFT • NUMMER 30 • JANUARI 2016

År 2015 är numera till ända och det är hög tid att summera det nyligen gångna året, vilket för den svenska kärnkraften ter sig ganska dystert med tanke på den aviserade förtida avvecklingen av fyra reaktorer. Redan år 2020 ska reaktorerna, om planerna fullföljs tas ur drift, vilket är långt före utgången av deras tekniska livslängd. Oskarshamn 2 kommer inte ens att tas i normal drift igen efter att den nu pågående och omfattande revisionen av reaktorn har avslutats. På många andra håll runt om i världen ser det annorlunda ut (som också nämnts i tidigare nyhetsbrev): Japan återstartar sina reaktorer efter Fukushima, USA planerar för förlängda drifttider bortom 60 år, Ryssland och Kina kontrakterar för byggandet av nya reaktorer i flera andra länder och i solsäkra Abu Dhabi pågår uppförandet av fyra nya kärnreaktorer.

I detta nyhetsbrev fokuserar vi lite extra på arbetet med att utveckla nya reaktorer, framför allt små och flytande reaktorer. Hur fungerar dessa reaktortyper, var kan man bygga dem och vilka fördelar har de gentemot konventionella reaktortyper? Det är frågor som vi försöker besvara.

Under år 2015 fick Energikommisionen sitt uppdrag att ta fram ett underlag för en bred energiöverenskommelse i riksdagen för åren efter 2025/2030. Redaktionen har intervjuat kommissionens kanslichef Bo Diczfalusy om hur han ser på detta arbete. I texten redogörs för uppdragets olika delar, förväntat resultat med mera.

I detta nummer finns också en artikel om hur Kina den senaste tiden upprättat ett antal kontrakt med flera länder och internationella kärnkraftsföretag för att sprida kinesisk reaktorteknologi.

Redaktionen önskar en God fortsättning på det nya året!

Joachim, Björn och Catharina



Fotot visar byggnationsplatsen för den planerade CAREM-reaktorn i Argentina. Foto: CNEA

## Små modulära kärnreaktorer

Internationellt finns ett ökat intresse för mindre och enklare kärnreaktorer för produktion av elektricitet och/eller värme. Behovet av att få ner kärnkraftens kapitalkostnader och möjligheten att skapa system för elproduktion på platser belägna långt från större elnät driver utvecklingen. De teknologiska koncept som nu utvecklas uppvisar en stor mångfald. Nedan följer ett sammandrag av en omfattande översikt av utvecklingen som gjorts av World Nuclear Association (WNA).

Så som kärnkraftbaserad elproduktion utvecklats sedan 1950-talet har storleken på reaktorerna ökat från 60 MWe till över 1 600 MWe vilket åtföljts av motsvarande skalfördelar. Parallellt under denna tid har flera hundra mindre kärnreaktorer byggts för bruk till havs (huvudsakligen för drift av ubåtar med upp till 190 MW termisk effekt) samt som neutronkällor för framställning av radionuklider för forskning och medicinska tillämpningar. Utvecklingen har sammantaget resulterat i en omfattande kunskapsupbyggnad på området *små kärnreaktorer*. Internationella Atomenergiorganet, IAEA, definierar reaktorer under 300 MWe som små och upp till 700 MWe som mellanstora. Emellertid finns numera ett fokus på modulära reaktorer som dessutom ofta är relativt små. För dessa används akronymen SMR (Small Modular Reactor) vilket syftar på serietillverkning och fabriksbyggda moduler.

En underkategori betecknas som *mycket småskaliga reaktorer*, och syftar på reaktorer under 15 MWe, lämpade för elproduktion i geografiskt isolerade områden.

Intresset för de småskaliga modulära reaktorerna i världen hänger delvis samman med dagens höga kapitalkostnader för konventionella reaktorer men också, som nämnts i ingressen, behovet av att kunna producera el på platser som ligger långt från stamnäten.

De små reaktorerna kan antingen byggas oberoende av varandra eller som moduler i större komplex där effekten kan ökas på i takt med ett ökande elbehov. Ekonomin kommer då att väsentligen styras av hur många reaktorer man bygger – ju fler reaktorer desto billigare i förhållande till den elektriska effekten. Kapitalkostnaden för investeringen blir helt enkelt mer hanterbar för små kärnreaktorer än för stora.

En positiv aspekt, utöver skaleko-

forts.→



En skiss av det planerade kontrollrummet för CAREM-reaktorn i Argentina. Bild CNEA.

nomin, med förfabricerade småskaliga modulära reaktorer (under 300 MWe) är kort byggtid. Den här definitionen från WNA ligger nära både den IAEA och den US Nuclear Energy Institute använder. Några av de tidigare nämnda reaktorer eller de som återfinns i tabellerna nedan passar inte in i denna definition men de flesta gör det.

WNAs översikt fokuserar bland annat på avancerad design i den mindre kategorin, det vill säga reaktorer som nu byggs för första gången eller som fortfarande befinner sig på ritbordet. *Fyra huvudtyper av design följs nu upp: lättvattenreaktorer (LWR), snabbreaktorer (fast neutron reactors, FNR), grafitmodererade högtemperaturreaktorer samt olika reaktorer där härden utgörs av en saltmälta.* Den första typen (LWR) representerar den mest beprövade tekniken men den andra typen (FNR) kan å andra sidan göras mindre, enklare och med en längre drifttid innan man behöver byta bränsle.

De flesta småskaliga modulära reaktorer är designade för en hög grad av passiv eller inneboende säkerhet för den händelse att något skulle gå fel. Många av dessa reaktorer är dessutom gjorda för att kunna placeras under markytan vilket ger ett ökat skydd mot eventuella terroristattentat och flygkrascher.

Många av de säkerhetssystem som anses nödvändiga eller som utgör en extra försiktighetsåtgärd för stora kärnreaktorer är inte nödvändiga för de designkoncept av mindre reaktorer som nu tas fram. Detta enligt en rapport från American Nuclear Society, som publicerades år 2010. Eftersom de småskaliga reaktorer är tänkta att i många fall ersätta fossilbränsle drivna anläggningar måste de designas så att, vid ett eventuellt reaktorhaveri, evakueringszonen inte sträcker sig utanför anläggningsområdet. ■

## Nyckelfaktorer som karakteriserar småskaliga kärnreaktorer (SMR)

En rapport från WNA (oktober 2015) pekar på att *den stora potentialen* för småskaliga modulära reaktorer hänger samman med följande framgångsfaktorer:

- Tack vare den mindre storleken kan reaktorerna nästan helt byggas i kontrollerade fabriksmiljöer och sätas ihop modul för modul vilket gör konstruktionsfasen snabbare. Detta förenklar också implementering av en hög kvalitetsstandard.
- Storleken i kombination med passiva säkerhetssystem gör reaktorerna särskilt lämpade för länder med mindre utvecklad elnätinfrastruktur och med mindre erfarenhet av kärnkraft.
- Tack vare småskaligheten, den korta byggtiden och de passiva säkerhetssystemen (som kräver lägre grad av dubblering, så kallad redundans) bedöms de små modulära reaktorerna bli enklare och billigare att finansiera jämfört med konventionella kärnkraftverk.
- Serieproduktion medför i sig ytterligare sänkta produktionskostnader för en specifik typ av SMR-design.

World Nuclear Association listar följande egenskaper som värdefulla:

- Reaktorerna är mindre beroende av aktiva säkerhetssystem, reservpumpar och AC-kraft i konsekvenslindrande syfte.

- Möjligheten att placera små reaktorer under marken eller havsytan innebär ett högre skydd mot naturkatastrofer (läs seismiska händelser och tsunamis) och risker som har sin grund i mänsklig verksamhet, som exempelvis kraschande flygplan.
- Den modulära designen samt den relativt ringa storleken gör det möjligt att uppföra många enheter på samma plats.
- Mindre behov av tillgång till kylvatten och därmed mer passande för avlägsna platser och vissa specifika tillämpningar, som gruvsdrift, avsaltning av havsvatten med mera.
- Möjlighet att flytta reaktormodulen eller relativt enkelt riva den mot slutet av dess livstid.

En IAEA-analys från 2009 framhåller den stora marknadspotentialen för småskalig kärnkraft – det kan handla om 50-100 reaktorer i drift i världen år 2030. År 2011 var 125 reaktorer med en maximal effekt om 700 MWe i drift och ytterligare 17 i konstruktionsstadiet fördelade på 28 länder.

### ÖVERSIKT AV OLIKA SMÅSKALIGA KONCEPT SOM NU BEFINNER SIG I OLIKA UTVECKLINGSSTADIER

Många olika slags småskaliga reaktorkoncept som beskrivs ovan är under utveckling och/eller konstruktion. De tre tabeller som följer nedan representerar ett urval som gjorts av WNA, med avseende på reaktorernas namn, effekt, typ och konstruktionsland.

#### Små reaktorer som är i drift

Namn	Effekt (MWe)	Typ	Utvecklare, Plats/Land
CNP-300	300	PWR	CNNC, Pakistan & Kina
PHWR-220	220	PHWR	NPCIL, Indien
EGP-6	11	LWGR	Bilibino, Siberia (cogen)

#### Små reaktorkoncept som är under byggnation

Namn	Effekt (MWe)	Typ	Utvecklare, Plats/Land
KLT-40S	35	PWR	OKBM, Ryssland
CAREM	27	Integral PWR	CNEA & INVAP, Argentina
HTR-PM, HTR-200	2x105	HTR	INET, CNEC & Huaneng, Kina

Små (25 MWe och högre) reaktorer som föreligger i ett avancerat utvecklingsstadium och där byggstart är nära förestående

Namn	Effekt (MWe)	Typ	Utvecklare, Plats/Land
VBER-300	300	PWR	OKBM, Ryssland
NuScale	50	Integral PWR	NuScale Power + Fluor, USA
Westinghouse SMR	225	Integral PWR	Westinghouse, USA
mPower	180	Integral PWR	Babcock & Wilcox + Betchtel, USA
SMR-160	160	PWR	Holtec, USA
ACP100	100	Integral PWR	NPIC/CNNC, Kina
SMART	100	Integral PWR	KAERI, Sydkorea
Prism <sup>1</sup>	311	FNR	GE-Hitachi, USA
BREST	300	FNR	RDIFE, Ryssland
SVBR-100	100	FNR	AKME-engineering, Ryssland

<sup>1</sup> Prism brukar inte marknadsföras som en SMR utan snarare en reaktor för att bränna vapenplutonium.

Utöver de ovan nämnda reaktorerna föreligger ytterligare ett tjugotal koncept men som befinner sig i tidigare utvecklingsstadier än de som representeras av tabellerna ovan. Det som här följer är exempel tagna från WNA:s redogörelse för karaktärsdragen hos de fyra nämnda huvudtyperna av småskaliga reaktorer. För en mer fullständig redogörelse hänvisas den intresserade läsaren till WNAs mer omfattande rapport.

De flesta reaktorer som avhandlas i WNA:s rapport är av lättvattentyp – totalt handlar det om ett trettiotal olika koncept för reaktorer som alltså modereras med vanligt vatten. Dessa har de lägsta teknologiska riskerna vilka liknar de hos de flesta kärnreaktorer som är i drift idag. För det mesta ligger uranets anrikningsgrad under 5 procent <sup>235</sup>U och bränslebyte måste göras inom en period av som mest upp till sex år.

Den andra gruppen är gaskylta högtemperaturreaktorer (HTR). Dessa nyttjar grafit som moderator och med antingen helium, koldioxid eller kväve som primärt kylmedel. Minst ett halvdussin HTR-koncept har redan testats eller är under utveckling.

Ett av koncepten med beteckningen Energy Multiplier Module är en snabbreaktor på 240 MWe med helium som kylmedel och utan moderator. Den är av särskilt intresse eftersom den möjliggör ett högt bränsleutnyttjande. I stället för att, som idag, endast kunna utnyttja omkring 0,5 procent av det ursprungliga naturliga uranets energiinnehåll (det vill säga energiinnehållet i både <sup>235</sup>U och <sup>238</sup>U) kan man ta vara på avsevärt mer av uranets energivärde. Det

högre utnyttjandet av bränslet bygger på att breederteknik kombineras med uppbyggnad av utbränt kärnbränsle. Samtidigt minskar det radioaktiva avfallet i motsvarande grad. Konceptet bygger på att köra reaktorn över många bränslecykler. Varje bränslecykel kan bli uppåt 30 år vilket betyder att man inte behöver fylla på med nytt kärnbränsle oftare än så. Genom att köra många bränslecykler ökar andelen av det ursprungliga uranet som kan utnyttjas – efter 12 bränslecykler uppgår den till 50 procent men kan i princip bli ännu högre. Bränslet kan exempelvis utgöras av 20 ton använt PWR-bränsle eller utarmat uran samt 22 ton 12 procent <sup>235</sup>U som startmaterial.

En tredje grupp är de snabba reaktorerna (FR) vars bränsleutnyttjande också medger långa driftstider utan bränslebyten (upp till 20 år). Designen innebär ett nära fullständigt utnyttjande av uranbränslets energipotential mot bara någon procent i konventionella kärnkraftverk. De snabba reaktorerna saknar moderator (där av begreppet snabbreaktor som egentligen syftar på snabba neutroner som kontrast till modererade och därmed långsamma neutroner) och kyls vanligen med en flytande metall som natrium, bly eller en bly-vismutlegering med både hög ledningsförmåga och kokpunkt. Dessa reaktorer drivs vid eller nära atmosfärstryck och karakteriseras av passiv säkerhet där den primära kylningen sker genom konvektiv strömning. Effekten regleras automatiskt genom en återkoppling av reaktorns reaktivitet – förlust av kylflöde leder till högre hårdtemperatur vilket bromsar kärnreaktionen. Aktiv och kontrollerad

reglering sker annars vanligen med styrstavar med borkarbid.

Den fjärde gruppen av småskaliga modulära reaktorer bygger på att reaktorn är en saltmälta. Dessa kallas i den engelskspråkiga litteraturen för Molten Salt Reactors (MSR) och nyttjar en fluorid som primärt kylmedel vid lågt tryck och bränslet är homogent blandat i kylmedlet. Litium-berylliumfluorid och litiumfluorid behåller utan trycksättning sin flytande form upp till 1 400°C vilket står i skarp kontrast till en PWR-reaktor som körs vid cirka 315°C och 150 atmosfärs tryck. I de flesta designers utom Advanced High-Temperature Reactor är bränslet upplöst i det primära kylmedlet. Flera av koncepten bygger på breeding av <sup>238</sup>U (till <sup>239</sup>Pu) eller <sup>232</sup>Th (till <sup>233</sup>U). Utvecklingsarbete pågår i Japan, Ryssland, Kina, Frankrike och USA. Säkert kan man förvänta sig invändningar mot MSR-konceptet eftersom bränslet inte är inkapslat utan istället transporteras runt i ett rörsystem.

## SMÅSKALIGA KÄRNREAKTORER I NORDEN

Hur troligt är det att småskaliga kärnreaktorer kan komma att byggas i Norden? Nyhetsredaktionen har frågat Kristiina Söderholm, chef för kärnkraftsdelen av R&D-verksamheten på Fortum. Det finska energibolaget har tre programgrupper inom R&D-verksamheten, ett program för befintliga reaktorer i Finland och Sverige, ett program för ny kärnkraft och ett program som handlar om framtida kärnkraft där utredning om småskaliga reaktorer utgör en stor del av programmet. Utredningen om småskaliga reaktorer på Fortum har pågått i flera år, bland annat har studier gjorts på hur man kan göra de småskaliga kärnreaktorerna licensierbara och kostnadseffektiva. Söderblom anser att på grund av rådande läge på energimarknaden, med låga elpriser, stora subventioner samt mer och mer småskalig elproduktion, att småskaliga kärnreaktorer kan utgöra ett komplement till den ökande andelen förnybar elproduktion. Söderblom anser att stora enheter, i samma storlek eller större som dagens kärnreaktorer, förmodligen inte kan byggas mer på grund av stora initiala kostnader och ekonomiska risker. Dessutom har stora enheter ganska stor negativ påverkan på elnätet vid plötsliga bortfall. Men om kärnkraftsbranschen bland annat skulle kunna få till en internationell licensieringsprocess för de småskaliga kärnreaktorerna skulle dessa kunna byggas modulvis och därmed bli kostnadseffektiva. ■

# Kärnkraftverk till havs

Kärnkraft benämns ofta som en viktig kraftkälla i ett energisystem med låga utsläpp av koldioxid. För närvarande är över 70 kärnkraftreaktorer under konstruktion i världen. Dessa räcker dock inte för att minska de totala utsläppen av CO<sub>2</sub> nämnvärt. Men varför byggs då inte fler reaktorer?

Den kanske främsta orsaken är de initialt höga kapitalkostnaderna vid nybyggnation. Konstruktion och byggnation är långsamma processer med många osäkerheter. Det tar lång tid att uppföra ett kärnkraftverk, konstruktions- och byggprocessen är därtill förknippad med osäkerheter.

Det kan också vara svårt att finna en lämplig plats för en ny anläggning, bland annat beroende på nödvändigheten av att ha nära tillgång till kylvatten. Sådana platser är i allmänhet också attraktiva för andra ändamål som till exempel bostäder. Utöver dessa begränsande faktorer har haverierna i Fukushima inverkat negativt på viljan att investera i kärnkraft.

Mot denna bakgrund har ett forskarlag vid MIT, Massachusetts Institute of Technology, undersökt och utvärderat möjligheten att bygga reaktorer för placering till havs likt dagens oljeplattformar. Arbetet leds av professor Jacopo Buongiorno vid MITs avdelning för Avancerade Nya Reaktorsystem.

Det finns flera fördelar med ett sådant koncept, menar Jacopo Buongiorno. Inte minst för att risker reduceras när driften sker långt från mänsklig bebyggelse och med reaktorer som placeras långt under vattenytan. Även riskerna med jordbävningar och tsunamis minskar eftersom vattnet absorberar alla rörelser från havsbotten. Långt ute till havs är vågrörelserna relativt små jämfört med de stora vågor som kan uppstå på grundare vatten närmare kusten.

Jacopo Buongiornos forskarlag menar att konceptet potentiellt kommer att vara avgörande för kärnkraftens framtidsutsikter. Åtminstone när det gäller de ekonomiska förutsättningarna. En stor fördel med konceptet är att det ger möjligheter att tillverka ett större antal enheter som kan flyttas från platsen där de tillverkas i takt med att de färdigställs. Detta att jämföra med byggandet av ett konventionellt kärnkraftverk som är kvar på byggplatsen under hela sin livslängd, som är minst 40-50 år. En fördel med en havsbaserad anläggning är också att den vid behov kan flyttas för att betjäna flera platser.

Enligt Jacopo Buongiorno är det lämpligt att utgå från en konventionell kärnkraftreaktor, med en effekt på mel-

lan 300 och 1 100 MW. Reaktorerna kan placeras på vanliga plattformar, liknande de man använder vid oljeutvinning till havs. Därmed kan tiden för utvecklingsarbete och licensförfaranden med mera minska eftersom respektive teknik redan är etablerad. Hela konstruktionen kan byggas på samma skeppsvarv som idag uppför oljeplattformar och reaktortankar till ubåtar.

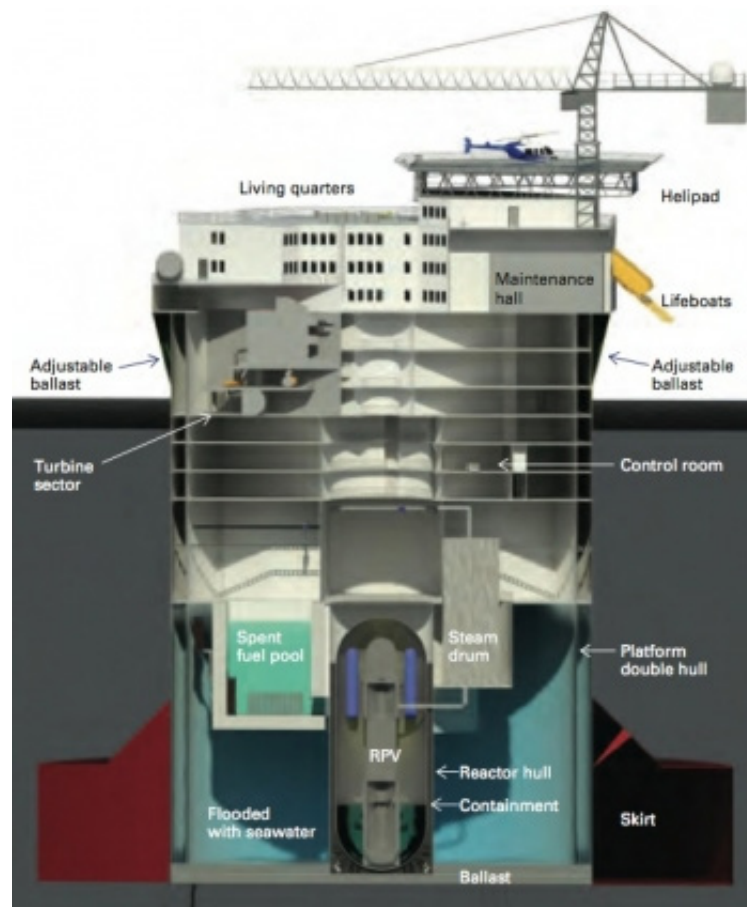
Färdigbyggda reaktorer bogseras ut några tiotals kilometer ut till havs och till ett djup av cirka 100 meter. Det flytande kärnkraftverket förankras i havsbotten och fasas in på elnätet via en dervattenskabel.

När anläggningen tjänat ut förs den in till land igen för avveckling. Eftersom

kärnkraftverket är placerat till havs behövs ingen återställning av mark, både byggnation och avveckling kan ske relativt snabbt. Därmed slipper man ha stora summor kapital bundna under den tid då anläggningen inte genererar någon elektricitet (inkomster).

Möjligheten att anlägga ett flytande kärnkraftverk på en specifik plats är beroende av vissa förutsättningar, som vattnets djup, närhet till kusten och stora farleder. Dessutom bör det vara en plats där kraftiga stormar inte förekommer.

Forskarna vid MIT har genomfört en detaljerad analys över lämpliga platser och har till exempel identifierat platser i sydöstra Asien där kustbefolkningen är i stort behov av elektricitet, där det



En skiss av ett framtida flytande kärnkraftverk. (Hämtad från Energy futures, spring 2015, 9-13, tidskrift från MIT Energy Initiative. Godkänt av J. Buongiorno, MIT)

forts.→

forts.→

finns begränsade naturliga energitillgångar och där risken att på land drabbas av jordbävningar och tsunamis är stor. Andra lämpliga områden är länder i till exempel Afrika och Sydamerika, där användningen av diesellaggregat gör elproduktionen dyr.

#### ANLÄGGNINGENS PLANERADE DESIGN

Det flytande kärnkraftverket är cylindriskt till formen och indelat i många våningsplan varav de flesta i sin tur är indelade i "fack" med vattentäta skiljeväggar emellan, se figuren nedan. På de övre delarna av plattformen finns en helikopterplatta och boplatser för de anställda. Tanken är att de anställda ska ta sig till anläggningen med båt eller helikopter för att jobba i tre till fyra veckors skift. Matvaror och annat nödvändigt som till exempel underhållsmaterial skickas också med båt.

Själva reaktorn och relaterade säkerhetssystem är belägna i vattentäta avdelningar långt ner i plattformen, vilket ger en låg tyngdpunkt som också gör anlägg-

ningen stabil. Placeringen stärker därtill säkerheten då den ger snabb åtkomst till det omgivande havsvattnet.

Reaktortanken är placerad i en kompakt struktur, och reaktorinneslutningen är omgiven av en kammare som når ända ut till cylinderns struktur. Mellan inneslutningen och kammaren finns ett mellanrum där havsvatten kontinuerligt flödar. Vattnet kan flöda fritt in och ut genom portar. Denna design tillåter olika störningar i kylsystemet. I regel är det pumpar som för in kallt vatten från det djupa havsvattnet och vattnet släpps efter kylning ut vid havsytan. Därmed reducerar man påverkan på det lokala ekosystemet. Om kylprocessen störs kan det använda kylvattnet återföras via en värmexvärlare med naturligt flöde i kammaren. Om en mycket allvarlig händelse inträffar, som exempelvis ett stort rörbrott, kan destillerat vatten frigöras från reaktorn och flöda ut till inneslutningen samtidigt som havsvatten kan flöda in från utsidan till kammaren som omger inneslutningen så att gapet mellan

inneslutning och kammare alltid är vattenfyllt. Värmen från det varma vattnet transporteras ut till det kalla havsvattnet genom inneslutningens vägg och nytt kallt havsvatten flödar konstant in i mellanrummet. Havsvatten och destillerat vatten från reaktorinneslutningen hålls alltid isär, vilket medför att risken för att kontaminerat vatten sprids till det omgivande havet minimeras.

Uppstår tryckökning i reaktortanken (trots ovan beskrivna säkerhetssystem) kan gaser, via filter, ventileras direkt ut i havet. Just nu pågår forskning för att detta ska kunna ske även under extrema förhållanden.

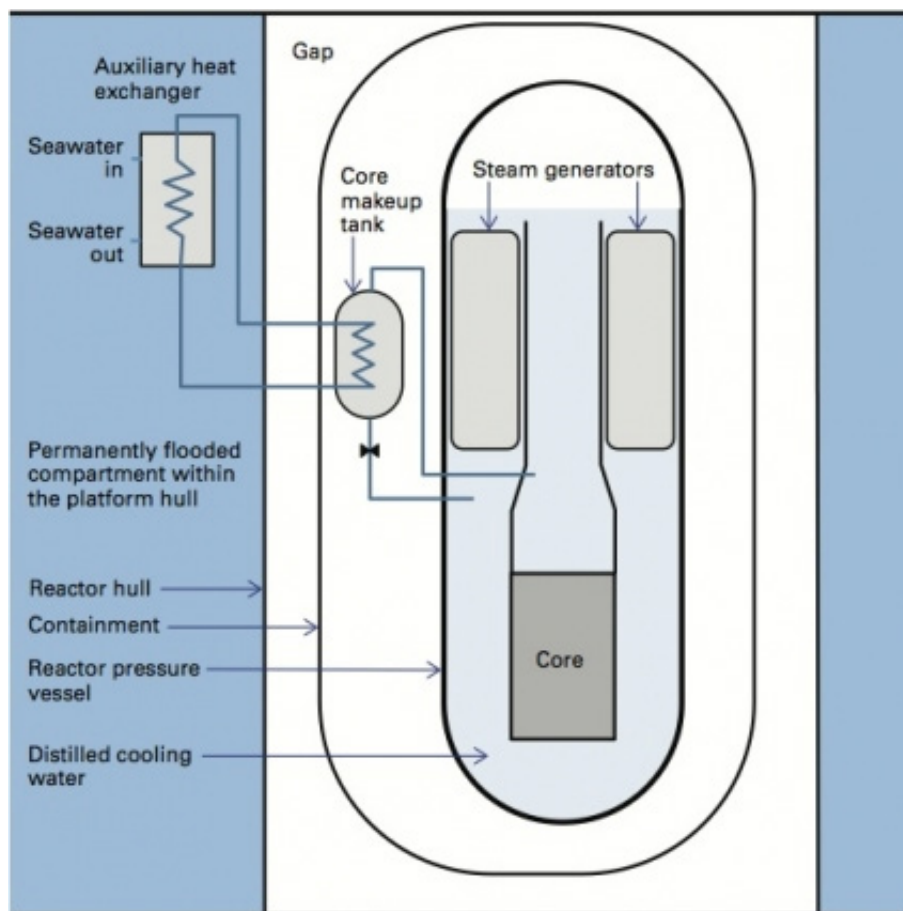
I det fortsatta arbetet med konceptet tittar forskarna bland annat på olika sätt att byta bränslet i reaktorn (även under normal drift), detaljerad design av förtöjningssystemet samt hydrodynamiska egenskaper hos de planerade anläggningarna för att få bättre skydd vid stormar.

Framtagande av en skyddsplan är under arbete. Risken för att drabbas av attentat utifrån bedöms som liten eftersom anläggningens översta delar ger helt fri utsikt över havet (360 grader).

Andra säkerhetsaspekter berör ekologi och radarsystem, ubåtsnät och tung beväpning. Det sistnämnda kan förefalla märkligt ur svenskt perspektiv men, att kärntekniska och andra sårbara anläggningar som bevakas med beväpnad personal, är inte ovanligt i andra delar av världen.

Det första flytande kärnkraftverket bedöms enligt forskarna på MIT kunna vara i drift om ungefär 15 år.

Det kan också påtalas att andra länder också planerar och genomför projekt för flytande kärnreaktorer. Exempelvis kan Ryssland nämnas, där KLT-40S planeras snart tas i drift under 2016. Reaktordesignen bygger på de i dag redan använda atomdriva isbrytarna med KLT-40-reaktorsystem. ■



Reaktortankens design i genomskärning. (Hämtad från Energy futures, spring 2015, 9-13, tidskrift från MIT Energy Initiative. Godkänt av J. Buongiorno, MIT)

# En inblick i Energikommissionens arbete

Redaktionen för nyhetsbrevet har, för att få en inblick i vad Energikommissionen hittills har utträttat, intervjuat kommissionens kanslichef om vilka moment som planeras under närmsta tiden samt vilka mål som Energikommissionen har.

Energikommissionen tillsattes i mars 2015 av den nuvarande regeringen med målet att ta fram ett underlag för en bred politisk överenskommelse om energipolitikens inriktning, med fokus på 2025 och framåt. Innan årsskiftet 31 december 2016 ska underlaget vara färdigställt i form av en slutrapport. Kommissionen består av elva representanter från samtliga riksdagspartier och har Energiminister Ibrahim Baylan som ordförande. Dessutom ingår de speciellt inbjudna generaldirektörerna för Energimarknadsinspektionen, Affärsverket Svenska kraftnät samt Energimyndigheten.

Bo Diczfalusy har en lång och gedigen karriär inom energiområdet. Han har bland annat varit chef vid IEA för avdelningen Sustainable Energy Policy and Technology.

## HUR SER DU PÅ DITT NYA UPPDRAG OCH VAD INNEBÄR DIN ROLL SOM KANSLICHEF PÅ ENERGIKOMMISSIONEN?

– Det innebär att jag leder det administrativa arbetet att serva och ta fram underlag till kommissionen, så att den kan inhämta kunskap om energiområdet som ska ligga till grund för en kommande bred överenskommelse om den svenska energipolitiken efter 2025. Vad gäller min roll är det en spännande och viktig roll, som ger bra inblick hur den svenska energimarknaden ska formas framöver, säger Bo Diczfalusy.



Bo Diczfalusy, Energikommissionens kanslichef.  
Foto: IVA

## HUR SER ENERGIKOMMISSIONS ARBETE UT I DAGSLÄGET?

– I nuläget är Energikommissionen inne i en fas där vi inhämtar kunskap. Det innebär bland annat att vi anordnar seminarier och studieresor och tar del av rapporter om energiområdet. Så för tillfället förs ingen politisk diskussion i kommissionen.

Mera konkret innebär detta följande, upplyser Bo Diczfalusy:

- Fem sammanträden där hela eller stora delar av kommissionen varit samlad.
- Anordnat sex seminarier med ungefär 200-300 deltagare vid varje tillfälle. Seminarierna har avhandlat de fyra fokusområdena tillförsel, marknad, överföring och användning, som kommissionens första arbetsfas är indelad i.
- Genomfört två studieresor, till Borlänge respektive Berlin. Resan till

Borlänge gjordes för att öka kunskapen om elens betydelse för basindustrin, då ståltillverkaren SSAB och papperbruket Stora Enso Kvarnsveden besöktes. Arrangör för resan var SKGS<sup>2</sup>. Resan till Berlin avsåg att inhämta kunskap om den tyska energiomställningen. Kommissionen träffade då representanter från näringslivet, politiker, akademier samt diverse intresseorganisationer.

- Kansliet (utan medverkan av politikerna) har gjort egna studieresor till länder som Frankrike, England och Belgien (EU) för att lära sig om respektive lands energisystem och utmaningar inom energiområdet.

Tyskland nämns ofta som ett föregångsland med energiomställningen (*Energiwende*) men kommissionen tar också lärdom från andra länder genom diverse myndigheter och intresseorganisationer. Bland annat har myndigheten Tillväxtanalys har tagit fram en rapport (Rapport 2015:05) som ger en beskrivning om energiläget och hur energisystemen i andra länder är utformade. Exempel på dessa länder är Holland, Italien, Japan, USA samt de övriga nordiska länderna. Andra exempel som Energikommissionen kommer att inhämta kunskap från är IVA:s projekt *Vägval El* samt Energiforsks projekt *North European Power Perspectives (NEPP)*.

Då Energikommission består av representanter från samtliga riksdagspartier och som på vissa punkter inom energiområdet står långt ifrån varandra (t.ex. när det gäller kärnkraftens roll), föreligger risk att det blir svårt att kom-

<sup>2</sup> Samarbetsorganisation mellan de olika branscherna Skog, Kemi, Gruvor och Stål.



Energikommissionen samlad vid första mötet. Övre raden från vänster: Mikael Odenberg (GD SvK), Cecilie Tenfjord-Toftby (M), Birger Lahti (V), Lise Nordin (MP), Maria Weimer (L), Ingemar Nilsson (S), Maria Strömkvist (S), Mattias Bäckström-Johansson (SD), Bo Diczfalusy (Kanslichef), Anton Steen (Sekreterare), Gunilla Andréa (Sekreterare) Nedre raden från vänster: Anne Vadasz-Nilsson (GD El), Penilla Gunther (KD), Rickard Nordin (C), Ibrahim Baylan (S), Åsa Westlund (S), Erik Brandsma (GD EM), Lars Hjalmered (M) Foto: Martina Huber/Regeringskansliet

forts.→

forts.→

ma överrens. Men Diczfalusy anser att Energikommissionens utformning och uppbyggnad ska förhindra att enbart kärnkraftens roll i energisystemet behandlas, som svensk energipolitik har handlat om sedan 70- och 80-talen.

– Kommissionen arbetar med en bred kunskapsinhämtning, vilket också ska ge en bredare syn på energiområdet än bara kärnkraftsfrågan. Kommissionens mål är att kunna lägga fram ett förslag som ska visa vägen mot ett framtida robust energisystem som framförallt oavbrutet ska kunna leverera el.

#### VILKEN ÄR DEN STÖRSTA KNÄCKFRÅGAN?

– Jag tror det handlar om vilka spelregler som ska gälla för marknaden. Med det menar jag hur elmarknaden ska organiseras, vilka stöd och subventioner som ska finnas för olika kraftslag, exempelvis förnybara energikällor, samt vilka skatter på kraftslag som ska finnas på exempelvis vattenkraft och kärnkraft.

#### HUR SER DU PÅ STATENS ANSVAR NÄR DET GÄLLER DEN FRAMTIDA ENERGI-MIXEN?

– Staten har ett stort ansvar att se till att det finns klara spelregler för marknaden. Som ett exempel kan nämnas att Sverige har som mål att andelen förnybara värme- och kraftkällor ska utgöras av minst 50 procent<sup>3</sup>. Och så länge det finns givna och långsiktiga spelregler kommer investeringar inom energiområdet att ske, då det generellt inte är ont om möjliga investerare, säger Diczfalusy.

#### NÄR KOMMER NÄSTA STORA NYHET FRÅN ENERGIKOMMISSIONEN ATT MEDDELAS?

– Kommissionen ämnar inte komma med några direkta utspel förrän i slutskedet av arbetet med slutrapporten, det vill säga i slutet av 2016. De nyheter som kommissionen presenterar är i form av de seminarier som arrangeras. Någon gång under 2016 planerar vi för en större konferens där en summering sker av de problemställningar som presenteras från tidigare seminarier, avslutar Bo Diczfalusy.

Så sammanfattningsvis kan sägas att Energikommissionen nu inhämtar kunskap om energiområdet i stort, inklusive vad som görs i andra länder, hur man kan forma ett robust energisystem, med mera. Vi kan nog inte vänta oss några stora utspel förrän om ungefär ett år, då slutrapporten som ska ligga till grund för den tänkta breda energioverenskommelsen, ska vara färdigställd. ■

<sup>3</sup> I dagsläget är ungefär den siffran ungefär 52 procent, det vill säga målet är redan uppnått ifall nuvarande energimix bibehålls.



Den planerade anläggningen Hinkley Point C. Bild: EDF

## Kina investerar utomlands i kärnkraft

Kinesiska företag har redan köpt flera stora multinationella företag runt om i världen, som exempelvis Volvo Cars. Nu har även landet börjat intressera sig för energiinvesteringar runt om i världen, och då särskilt inom kärnkraften. Kina börjar bli självförsörjande när det gäller design och konstruktion av reaktorer, genom att man tagit hem västerländsk teknologi och utvecklat den till något eget. Den senaste tiden har Kina gjort ett antal investeringar inom kärnkraftsområdet runt om i världen vilket ges exempel på nedan.

#### ENGLAND

I Kärnkraft i vår omvärld #19 och #21 rapporterades det senast om kärnkraftsprocessen i Storbritannien. I Hinkley Point på den engelska västkusten planeras för byggandet två EPR-reaktorer (European Pressurized Reactor), med driftsättning någon gång under 2025. Enligt den brittiska regeringen kommer bygget att leda till att 25 000 jobb skapas. Anläggningen ska leverera energi till ungefär 6 miljoner hem. Men planerna för det nya kärnkraftverket stöter också på kritik, bland annat från övriga EU-länder. Särskilt kritiskt är Österrike, som anser att europeiska länder kan subventionera ny och modern teknologi men att kärnkraft inte hör dit. Dock visar en nyligen utförd opinionsundersökning att det finns ett klart stöd för nybyggnation av kärnkraft i Storbritannien.

Kina hjälper Storbritannien i nybyggnadsprocessen vid Hinkley Point C genom att det statliga bolaget CGN (China General Nuclear Power Cooperation) köper in sig i projektet, vilket ska säkra att projektet blir av. EDF kommer fortfarande vara majoritetsägare med 66,5 procent. CGN:s del av Hinkley Point C är 33,5 procent, vilket motsvarar en total investeringskostnad på 6,2 miljarder brittiska pund (82 miljarder svenska kronor).

Detta är en stor PR-vinst för Kina som nu mer och mer blir en stormakt i den internationella kärnkraftsbranschen. Investeringsöverenskommelsen mellan Kina och Storbritannien/EDF innehåller också ytterligare planerade reaktorer i Storbritannien. Kina kommer också att ingå i Sizewell C i Ipswich och vara majoritetsägare (66,5 procent) för nybyggnadsprojektet i Bradwell B i Essex. Överenskommelsen mellan Kina och Storbritannien sammanföll med Kinas president Xi Jinpings statsbesök, ett fyradagars möte med den brittiske premiärministern David Cameron, som sade sig vara mycket nöjd med den "historiska överenskommelsen". Även EDF är nöjda, exempelvis påtalade EDF Energy:s VD Vincent de Rivaz att fördelarna med Kinas investeringar inte enbart är ekonomiska utan ger även tillgång till kinesiska erfarenheter från liknande nybyggnadsprojekt i Kina.

Det slutliga investeringsbeslutet för Hinkley Point, som enligt bedömare är en formalitet, särskilt med hänsyn till överenskommelsen mellan Kina och Storbritannien, kommer att tas någon gång under början av 2016. För Sizewell C och Bradwell B finns för närvarande ingen klar tidsplan. ■

# AREVA

Kina planerar genom det statligt ägda bolaget CNNC (China National Nuclear Corporation) att köpa en minoritetspost i AREVA, vilket då skulle öka samarbetet mellan Kina och den franska kärnkraftsindustrin ytterligare. Enligt



Kinas president, Xi Jinping.

AREVA innefattar det planerade partnerskapet både ekonomiska och industriella delar. Avtalet ska också omfatta samarbete kring uranbrytning, bränsletillverkning, avveckling och rivning. Styrelseordföranden för AREVA, Philippe Varin, sade i ett uttalande att projekt kommer leda till stora möjligheter för både AREVA och CNNC att utvecklas. Även den franske presidenten Hollande är positiv och säger att ökat samarbete med den nya kinesiska partnern är viktigt för AREVA i framtiden. I mars 2015 presenterade AREVA sitt ekonomiska resultat för 2014, vilket var en rekordförlust på 4,83 miljarder euro. I samband med denna presentation angav AREVA att man kommer att omfokusera på sin

kärnverksamhet inom området viktiga kärnkraftsprocesser för operatörer och tillståndshavare runt om i världen.

## RUMÄNIEN

CGN har även signerat ett kontrakt med den rumänska reaktoroperatören Nuclearelectrica om utveckling, byggnation, drift och en eventuell avveckling av de planerade reaktorerna (nummer tre och fyra) på sajten Cernavoda i östra Rumänien. Cernavoda har i dagsläget två reaktorer i drift av typen CANDU 6 PWR, byggda och levererade av ett kanadensisk-italienskt konsortium bestående av AECL (Atomic Energy Canada Ltd) och Ansaldo. Dessa två reaktorer är de enda som är i drift i Rumänien. Reaktorblock 1 togs i drift 1996 och reaktorblock 2 togs i drift 2007. Konstruktionen och byggnationen av reaktorerna påbörjades redan i slutet av 1970-talet, men har kantats av diverse problem så som revolutionen i landet 1989 samt brist på kapital.

I ett försök att färdigställa reaktorblock 3 och 4 startades 2009 ett projekt-företag, EnergoNuclear. De två planerade reaktorerna (3 och 4) på Cernavoda planerades vara i drift 2015, men även här har tänkta finansiärer (bland annat Electricabel och RWE) dragit sig ur projektet. Planen är nu att en annan privat finansiär

tillsammans med CGN ska äga 51 procent av EnergoNuclear för att på så sätt kunna ro projektet i hamn.

## ARGENTINA

Kina har nyligen också signerat ett kontrakt med Argentina om att bygga landets fjärde och femte reaktor. Den totala investeringen är på 14 miljarder dollar. Argentina och Kina kommer att samarbeta med konstruktion och byggnation av de två reaktorerna. I Argentina finns för närvarande tre reaktorer i drift, två tryckvattenreaktorer med tungt vatten som moderator (Atucha 1 och 2) samt en Candu-reaktor (Embalse). Tillsammans står dessa för en tiondel av den totala elkraftproduktionen i landet.

Det tekniska och ekonomiska kontraktet mellan Kina och Argentina för den fjärde reaktorn gäller en 750 MWe Candu-reaktor, en liknande design som redan existerande Candu-reaktorn på Embalse i Argentina. Kina kommer stå för 38 procent av den totala kostnaden för reaktorn på cirka 6 miljarder dollar. Den femte reaktorn planeras bli den första lättvattenreaktorn i Argentina, av (i skrivande stund) ännu inte bestämd PWR-design, med en effekt på 1 000 MWe. Det troliga är dock att den kommer vara av kinesisk design. ■

## KORTA NOTISER från kärnkraftsbranschen

### Flera japanska kärnreaktorer återstartas

Ikata-3 i Japan, en kärnreaktor av PWR-typ (846 MWe), kommer att återstartas i början av år 2016 – ett beslut som nyligen tagits på lokal politisk nivå sedan reaktorn nu godkänts i enlighet med de nya nationella säkerhetskraven. Under slutet av sommaren och början av hösten återstartades också reaktorerna Sendai 1 och 2. Dessutom uppfyller nu ytterligare några japanska kärnreaktorer de nya säkerhetskraven. Säkert kommer successivt allt fler av Japans reaktorer att återstartas, enligt en första plan 20-25 reaktorer. Sammanlagt är det tekniskt möjligt att återstarta cirka 45 av de japanska kärnreaktorerna. Vi avser fortsättningsvis att inte rapportera om var och en av dessa reaktorer utan snarare emellanåt helt kort rapportera om helhetsläget. ■

### Foratom: 100 nya kärnreaktorer behöver byggas i Europa de närmsta 35 åren

Den europeiska industrigruppen Foratom har nyligen pekat på det stora behovet av ny kärnkraft i Europa. Kapacitetsmässigt handlar det om att bibehålla nuvarande nivå fram till och bortom år 2050.

Därför behövs investeringar på alla plan: Nybyggnation, förlängda driftstill-

stånd (ofta bortom 40-årsstrecket), säkerhetsförhöjande åtgärder, bränsleteknik, rivning samt avfallshantering. Budskapet om ett behov av 100 nya kärnreaktorer i Europa framfördes också i början av oktober av ryska Rosatom. ■

### Turkiet planerar för en tredje kärnkraftreaktor

Turkiets energiminister meddelade i oktober att landets tredje kärnreaktor kommer att byggas i Ignaeda vid Svarta Havet nära gränsen till Bulgarien. Det är ännu inte klart vilken leverantör som får kontraktet, men förhandlingar pågår med

kinesiska och japanska aktörer samt amerikanska Westinghouse. Två andra stationer för kärnkraftverk är redan påbörjade i Turkiet – Akkuyu som byggs av Rosatom samt Sinop genom samarbete mellan bland annat Areva och Mitsubishi. ■

forts.→



forts.→

## Kraftig expansion av indisk kärnkraft

För Indien beräknas nu kärnkraftens installerade effekt sexdubblas under en elvaårsperiod – från 5,8 GWe år 2014 till 35,2 GWe år 2025. Indien har begränsade tillgångar på uran varför man bland annat satsar på utveckling av breederteknik och anläggningar som drivs av torium, som det finns gott om i Indien.

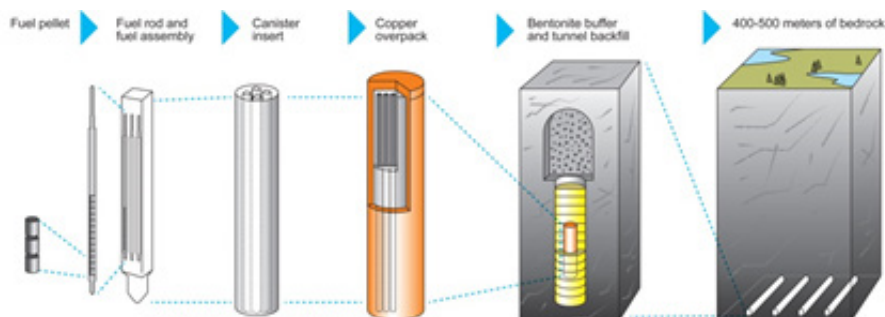
En del av strategin handlar om att komma ifrån ett stort beroende av kol som energiråvara. Indien har för närva-

rande 18 reaktorer av så kallad PHWR-typ (PHWR = Pressurized Heavy Water Reactor) men för framtiden är avsikten att också investera i andra reaktorkoncept, utöver redan nämnda breederreaktorer, både lättvattenreaktorer (22 300 MWe planeras) samt en tungvattenreaktor på 300 MWe. Fram till år 2032 är Indiens mål att ha installerat 63 GWe vilket innebär ett behov att bygga omkring 50 nya kärnkraftverk. ■

## Finland blir först med att bygga slutförvar

Den finska motsvarigheten till SKB, Posiva, har fått klartecken från den finska regeringen att starta byggnationen av slutförvaret för det använda kärnbränslet vid Olkiluoto. Godkännandet medför att det kommer att bli det första slutförvaret för använt kärnbränsle i världen. Enligt Posiva planeras slutförvaring av det använda bränslet från Olkiluoto och Loviisa att starta i början av 2020-talet och allt bränsle beräknas vara placerat i slutförvaret om ungefär 100 år. Kost-

naden för slutförvaret uppskattas till 3 miljarder euro. Själva slutförvarskonceptet är mycket likt det som SKB planerar. Bränslet kommer att förvaras i koppar kapslar som i sin tur placeras i bentonitlager inne i berget på ett djup av 400 meter. Att det finska kärnbränsleförvaret nu godkänts ökar chanserna för att det svenska förvaret också ska få klartecken av Strålsäkerhetsmyndigheten och den svenska regeringen. ■



Posiva slutförvarskoncept. Foto: Posiva

## Redaktion

Vattenfall AB, 169 92 Stockholm

Joachim Thorn, Vattenfall AB  
joachim.thorn@vattenfall.com  
08-739 50 00

Björn Cedervall, Vattenfall AB

Catharina Nästrén, Vattenfall AB

### KONTAKT:

Monika Adsten  
Energiforsk AB  
Forskningsområde Kärnkraft  
101 53 Stockholm  
08-677 27 35  
monika.adsten@energiforsk.se  
www.energiforsk.se

### LAYOUT:

Mio Nylén, formiograf  
mio@formiograf.se  
www.formiograf.se  
073-406 78 00

**VATTENFALL** 

**e-on** **TVO**

**Fortum**

**S** Skellefteå Kraft

 **ENERGI**  
karlstadsenergi.se

**SAFO**  
Swedish Atomic Forum