Kärnkraft i vår omvärld

ETT NYHETSBREV FRÅN ENERGIFORSK • KÄRNKRAFT • NUMMER 31 • JUNI 2016

Debatten om kärnkraftens roll och framtid i det svenska energisystemet är både spännande och illavarslande, men kanske också en smula hoppfull. En mängd utspel om kärnkraftens roll i energisystemet skvallrar om att Energikommissionens utredning och blocköverskridande samtal närmar sig sitt slut. En redogörelse av kommissionens slutsatser väntas i slutet av året, och vi kommer att reflektera kring vad de innebär för det framtida svenska energisystemet.

Årets andra nyhetsbrev uppmärksammar 30-årsdagen av Tjernobylolyckan i en liten sammanfattning av olyckans orsaker, händelseförlopp och konsekvenser. Vi ger också ger en sammanfattning av det årliga kärnkraftsseminariet i Energiforsks regi, som i år behandlade kärnkraft-ens roll i ett framtida energisystem. I mars publicerade EU-kommissionen sin rapport om kärnkraftens roll i det europeiska energisystemet, vilken sammanfattas i detta nyhetsbrev. Vidare följer vi upp utvecklingen av små modulära reaktorer i England.

Trevlig läsning önskar redaktionen!

Joachim och Björn

Vy över den havererade reaktor 4 i Tjernobyl. Foto: Carl Berglöf, 2005.

Tjernobylolyckan i ett 30-årigt perspektiv

Det finns mycket stora mängder information som rör olyckan i Tjernobyl 1986 – dess orsaker, sammanhang och konsekvenser. Det som här följer kan därför endast bli några axplock från denna informationsmängd – sådant som vi bedömer kan vara av särskilt intresse och/eller är dåligt känt.

OLYCKAN UPPTÄCKS I FORSMARK

Det skulle dröja flera dygn innan omvärlden fick vetskap om att kärnkraftverket i Tjernobyl den 25-26 april 1986 havererat och att stora mängder radioaktivt stoff släppts ut i atmosfären. Följande stycke från en Vattenfallsrapport från 5:e maj 1986 kan representera ”hur det började” utifrån ett svenskt perspektiv:

”Vid 7-tiden måndagen 28 april 1986 erhölls larm på rammonitorer i block 1 och 2, vid personalens rutinmässiga kontaminationskontroll, före utpassage till icke kontrollerat område. Undersökning av kontaminationens ursprung inleddes omedelbart med början inne i reaktorblocken. Efter cirka 1 timme kunde konstateras att kontaminationen ej kunde ha erhållits inom blocken och mätningar påbörjades på kraftverksområdet i anslutning till blocken. Vid 9-tiden förelåg ett underlag ur vilket kunde konstateras att markkontaminationen var högre än normalt.”

En bredare informationsdelgivning inleddes vid 9-10-tiden där SSI, SKI, Länsstyrelsen i Uppland, Östhammars kommun, lokalradion, Vattenfalls huvudkontor i Råcksta med flera involverades. Under den här tiden och fram mot eftermiddagen inkom många motstridiga uppgifter. Någon gång vid 12-15-tiden blev det alltmer klart att nedfallet kom utifrån och mycket pekade på Sovjetunionen vilket hängde samman med vindriktningen samt avlästa radioaktivitetsnivåer som gjorts på mätstationer i Sverige, Finland samt vid Risö i Danmark. Även proportionerna av de olika radioaktiva ämnena i nedfallet pekade i riktningen ”grafitmodererad reaktor i Sovjetunionen” (En slutsats som drogs av Per-Olof Aronsson vid Ringhals[1]). Sent på eftermiddagen bekräftade Sovjetunionen att en allvarlig reaktorolycka inträffat i Tjernobyl.

1 Personlig kommunikation mellan Aronsson och Cedervall, cirka klockan 15, 28 april 1986.

forts.➔

forts.➔

En aspekt vi lärde oss av Tjernobyl var att vår beredskap inte bara ska baseras på i vilket län en (svensk) kärnteknisk anläggning ligger, utan att utsläpp också kan komma från andra länder. Detta var kanske mest en lärdom för myndigheterna men den svenska kärnkraftindustrin uppfattade givetvis också detta budskap.

Det hastigt avstannade bygget av reaktor 5 och 6 i Tjernobyl. Foto: Daniel Westlén, 2005.

DET RADIOAKTIVA NEDFALLET

Informationen om det radioaktiva nedfallet var inledningsvis extremt komplex. Det inkom mätdata baserade på mätningar med helt olika sorters instrument[2] där data för radioaktivitet blandades med olika slags enheter för stråldoser. Till detta kom den strålskyddsfilosofi som tillämpas av industrin och motsvarande myndigheter – ett kontinuerligt arbete som utvecklats sedan 1920-talet men som väsentligen var okänt för den breda allmänheten. Detta ledde till, en i flera fall, hetsig debatt om becquerelnivåer i maten och vad det innebar för risknivåer. Mest kom debatten att handla om cesium 137 i kött från vilt som ren, älg, rådjur men också i fisk, bär och andra livsmedel.

Antalet åtgärder som vidtogs i Sverige var omfattande och handlade om aktiviteter både i akutskedet (den första månaden) och sådant som gjordes med ett längre tidsperspektiv. Exempelvis kom Statens Strålskyddsinstitut (SSI), och även i viss utsträckning Statens Livsmedelsverk (SLV), med en mängd rekommendationer som rörde nivåer av radioaktiva ämnen i olika livsmedel (ofta uttryckt som becquerel per kilo), och vad man borde undvika att äta i de mest drabbade nedfallsområdena månaden efter olyckan. En rekommendation var att inte dricka mjölk som kom från kor som betat i nedfallsområdena. En annan rekommendation var att inte äta persilja och nässelsoppa. Någon rekommendation att inta jodtabletter utfärdades dock inte. Många myndighetspersoner satt i TV-soffor, radiointervjuer och liknande i stort sett varje dag.

SSI, SLV, Försvarets Forskningsanstalt FOA och olika vetenskapliga institutioner gav ut broschyrer och/eller publicerade böcker vars syfte var att informera allmänheten om grundläggande begrepp som radioaktivitet och stråldoser. Statens Lantbruksuniversitet (SLU) aktiverades på flera olika sätt där ett fokus handlade om upptag i olika grödor beroende på markfaktorer och annat. Försvaret hjälpte till genom att ett Lansenplan involverades i att systematiskt flyga enligt ett rutnätssystem med mätinstrument för att kartlägga gammastrålning över Sverige. Många mätstationer i Sverige insamlade data på luftburen radioaktivitet som kunde fångas upp med filter. Ett övergripande mål var att få ned den kollektiva stråldosen till svenska folket. Som ett led i denna strävan publicerades många riktade artiklar i tidningar med speciella målgrupper såsom renskötare, fiskare, jägare, lantbrukare osv.

En av de viktigaste medicinska följderna av Tjernobylolyckan handlade om nedfall av radioaktiv jod – ett ämne som specifikt binds till sköldkörteln, där risken för allvarliga sjukdomar (exempelvis sköldkörtelcancer) är kopplat till barns och tonåringars intag av radioaktiv jod. Många personer i de berörda områdena i Ukraina, Vitryssland och Ryssland, som var barn när olyckan inträffade, drabbades senare av sköldkörtelcancer. Totalt handlar det om minst 6 000 fall varav ett femtontal avlidit på grund av sjukdomen. Risken för intag av radioaktiv jod kan i stort sett elimineras om man tidigt efter en sådan här olycka ger barn och unga människor tabletter med inaktiv jod.

För Polens del var en barnläkare uppmärksam på risken och tog snabbt initiativ till att cirka 7 miljoner doser inaktiv jod gavs till barnen i landet. Inga biverkningar kunde noteras av dessa jodtabletter och någon förhöd nivå av antalet sköldkörtelcancerfall som skulle kunna ha samband med olyckan kunde inte heller observeras. Man bör emellertid observera att det radioaktiva nedfallet över Polen var avsevärt lägre än det som gällde de ovan nämnda tre länderna.

En annan aspekt, som i praktiken var ganska okänd utanför Sovjetunionen var att de redan hade ett flertal institutioner för att hantera olika aspekter på kärntekniska olyckor. Dessa institutioner hade tillkommit år 1958 efter den stora kärntekniska katastrofen i Chelyabinskområdet i sydöstra Ural året innan. Därför hade Sovjetunionen redan omfattande erfarenheter som rörde radioaktivitetsspridning i luft, vatten, skogs- och jordbruksmiljö – något som var ganska okänt i andra länder. Således förelåg i mitten på 1970-talet flera hundra, delvis censurerade, vetenskapliga rapporter på motsvarande tema men eftersom de alla var på ryska så hade även språket fungerat som en informationsbarriär.

LÄRDE MAN SIG NÅGOT AV TJERNOBYLOLYCKAN MED AVSEENDE PÅ REAKTORSÄKERHET?

Rent tekniskt lärde vi i Sverige oss nästan ingenting av Tjernobylolyckan. Det handlade om ett så fullständigt annorlunda reaktorkoncept (kallat RBMK – Reaktor Bolsjoj Mosjnosti Kanalnyj) och som delvis gick ut på att man skulle kunna ta ut vapenplutonium som en biprodukt. En RBMK-reaktor är grafitmodererad och vattenkyld kanalkokartyp. Härden består av vertikala grafitblock som i centrum innehåller tuber med bränsleelement och det kylande vattnet. Antalet bränslekanaler var närmare 1 700 och ytterligare 200 kanaler användes för reglering av reaktiviteten i reaktorn med styrstavar. Härdens diameter var 1 meter och dess höjd cirka 7 meter. RBMK-reak-

2 Avsedda att använda i allt från laboratoriemiljö till ett kärnvapenkrig.

forts.➔

forts.➔

torns reaktivitet ökar vid en viss effektnivå när kylflödena minskar vilket gör den instabil – en mekanism som blev den avgörande tekniska orsaken till haveriet. Vidare saknade reaktorn inneslutning och flera andra säkerhetskoncept som de svenska reaktorerna redan hade installerade. Den olycka vi i Sverige verkligen lärde oss något av ur teknisk synpunkt var den i Harrisburg (Three Mile Island) 1979. Den stora lärdomen av Tjernobylolyckan handlade istället om vikten av en god säkerhetskultur.

Framtidstron för RBMK-reaktorn innan Tjernobylolyckan framgår genom en artikel i IAEA-bulletinen år 1983 (Nuclear power in the Soviet Union). På sidan 51 kan man läsa: "The design feature of having more than 1 000 individual primary circuits increases the safety of the reactor system – a serious loss-of-coolant accident is practically impossible." Några sidor längre fram i artikeln handlar det om konsekvenslindring vid eventuell felfunktion och flera säkerhetshöjande aspekter lyfts fram – bland annat "ways of localizing radioactivity released in case of an accident": Att en stor del av reaktorhärden skulle kunna fara rätt upp genom taket på reaktorbyggnaden fanns uppenbarligen inte med som en tänkbar möjlighet. En lärdom av det senare, oavsett vilken slags reaktor som diskuteras, är rimligen att säkerhetsarbete ska inkludera en ödmjukhet inför de tekniska utmaningarna. Det förefaller emellertid helt omöjligt, mot bakgrund av de stora tekniska skillnaderna mellan Tjernobylreaktorn och de svenska reaktorerna, att en liknande olycka skulle kunna inträffa i Sverige.

HUR HAR REAKTOROLYCKAN PÅVERKAT NATURMILJÖN I NÄRHETEN AV TJERNOBYL?

Direkt efter olyckan dog alla barrträd i ett område av cirka 4-5 kvadratkilometer (kallat för Red Forest) – lövträd visade sig vara något mer motståndskraftiga. Mindre allvarliga skador på skog observerades inom ett större område av uppemot 120 kvadratkilometer. Det finns många forskningsrapporter som täcker in olika aspekter av vad som hände därefter men förenklat kan man säga att strålnivåerna sjönk markant inom några år och återhämtningen i viss mån påminde om den man kan se efter en skogsbrand. Små däggdjur i området erfor en kraftig nedgång de första åren men kom sedan tillbaka, men ofta saknas mer detaljerad information om sådana observationer.

En serie av studier som rört gnagare i de mest kontaminerade områdena uppvisar inga klara tecken på genetiska förändring. På populationsnivå kan man inte se någon skillnad i den biologiska mångfalden eller antalet djur när man jämför de mest kontaminerade områdena med jämförbara mer eller mindre okontaminerade områden. Successivt har naturen efter de första åren således återhämtat sig relativt snabbt och tolkningarna av detta går isär där vissa forskare menar att strålningens effekter påverkat biologiska mekanismer på lång sikt. Andra forskare däremot menar att detta handlar om en feltolkning och att den viktigaste biologiska störningsfaktorn istället varit att människor och deras boskap med mera försvunnit, vilket i sin tur gjort att vilda djur och växter kunnat utvecklas fritt. Att reda ut dessa förhållanden ordentligt är på grund av frågans komplexitet i praktiken omöjligt. En översikt av frågeställningarna återfinns i *Journal of Environmental Radioactivity* (Thirty years after the Chernobyl accident: What lessons have we learnt? Vol. 157, 2016). ■

Har kärnkraften någon roll i ett framtida energisystem?

Kraftproducenterna står inför stora utmaningar och prövningar. Branschen brottas med historiskt låga elpriser och en energipolitik som verkar för integration av ytterligare intermittent förnybar elproduktion. Ovanpå detta belastas kärnkraftens resultat av effektskatt och investeringar i nya säkerhetssystem. Det senare bland annat på grund av nya myndighetskrav som tillkommit efter olyckan i Fukushima. Som bekant har ägarna av Ringhals 1 och 2 samt Oskarhamn 1 aviserat en förtida stängning av nämnda reaktorer. Oskarshamn 2 har i princip redan avvecklats, då huvudägaren Uniperfattat ett principbeslut om att inte återstarta reaktorn trots den omfattande renoveringen. Därtill har Vattenfall flaggat för att ytterligare reaktorer kan komma att avvecklas, om inte effektskatten tas bort.

Besluten är förståeliga då man i längden inte kan producera el med förlust, som idag. Men frågan är vad dessa nedläggningar, om de genomförs, får för konsekvenser för energisystemet, industrin och samhället. En uppenbar risk är att det med färre verksamma reaktorer blir svårare att klara effektbalansen. Även med dagens produktionskapacitet kan, som i januari i år, situationer då effektbrist hotar uppstå under mycket kalla vinterdagar. Med färre reaktorer i drift minskar marginalerna ytterligare.

Dessa frågeställningar var huvudtema på Energiforsks årliga kärnkraftsseminarium i början av året (19-20 januari) under rubriken *"Is there a role for nuclear in the future energy system?"*. Dokumentationen från seminariet finns att ladda ned **här**. Nedan följer en sammanfattning och slutsatser från seminariets presentationer och diskussioner:

MER MARKNAD ELLER MER REGLERING GER INVESTERINGAR

Det första blocket handlade om dagens situation och prissättningen i det nordiska elsystemet, och presenterades av Mats Nilsson (Luleå universitet/Energiföretagen Sverige) och Johan Bruce (Sweco). De låga elpriserna i det nordiska elsystemet beror till stor del på låga kolpriser och billiga utsläppsrätter. Även finanskrisen 2008 och dess kvardröjande effekter har lett till en minskad efterfråga på elektricitet. Därtill har tillförsel av ny subventionerad kraftproduktion (främst vindkraft) bidragit till att pressa ner elpriserna.

Föredragshållarna i det första blocket diskuterade också hur introduktionen av mer förnybar kraftproduktion kan leda till att den historiska kopplingen mellan elpriset och priset på kol kan brytas.

FRAMTIDA UTMANINGAR OCH MÖJLIGHETER

Thomas Unger (Profu) talade om den ökande användningen av förnybar elproduktion. Systemsimuleringar för 2030 och 2050 visar att andelen förnybart kommer att öka, i stort sett oavsett vilka antaganden som görs. Huvudsakliga drivkrafter är energi- och klimatstyrmedel samt teknisk utveckling.

Vindkraftsinvesteringarna kommer att öka när kärnkraft fasas ut. För att klara detta kommer vattenkraften att köras mer offensivt, och oftare ligga nära maximal och minimal dämningsgräns. Nettoexporten kommer att öka, eftersom den installerade kapaciteten ökar kraftigt. I och med att det blåser mer vintertid så kommer vi

forts.➔

forts.➔

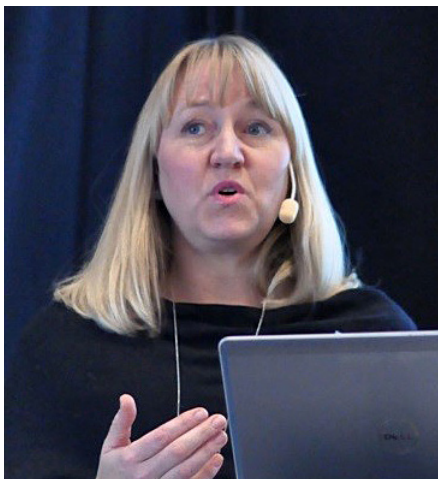
att kunna få perioder (dagar) av elöverskott även under vintern, men i samband med kraftiga högtryck med kallt väder och svaga vindar får vi tvärt om kraftiga elunderskott. Andelen timmar med höga elpriser ökar, och kan komma att utgöra cirka 15 procent av årets timmar.

Nordens installerade kärnkrafteffekt (15,9 GW) kan ersättas med annan CO_2-snål produktion på olika sätt, visar en studie gjord av forskare på Fortum (presenterades av Jarkko Ahokas). Billigast är att ersätta nordens kärnkraft med 24,5 GW biokraft (fluidiserad bädd), vilket beräknas kosta 91 miljarder euro. Det dyraste alternativet, 154 miljarder euro, är att ersätta nordens kärnkraft med 15 GW vind och 14 GW biokraft (kombicykel). Att återinvestera i kärnkraft vore sammantaget mera kostnadseffektivt och enbart kosta 78 miljarder euro. Allt enligt Fortums beräkningar.

EFFEKTER AV EN FÖRTIDA STÄNGNING AV KÄRNKRAFT I SVERIGE

Enligt forskaren Staffan Qvist (Uppsala Universitet) har det svenska kärnkraftsprogrammet lett till minskade utsläpp av två miljarder ton koldioxid. Kärnkraftverken har i dagsläget producerat ungefär halva den energimängd de förväntas leverera under sin livstid. Det finns således potential att undvika ytterligare två miljarder ton CO_2. Staffan Qvist menade att det är dåligt för klimatet att stänga ner kärnreaktorer oavsett vad de ersätts med. Det vore också olyckligt ur ett hälsoperspektiv att öka utsläppen av luftföroreningar från fossilbränsleeldande anläggningar med förhöjd dödlighet som följd. När man producerar 1 TWh el med kolkraft medför det att drygt 28 personer dör i förtid. Motsvarande siffra för kärnkraft är 0,074 personer. För mer information se Qvists artikel **här**.

Maria Sunér Fleming (Svenskt Näringsliv) redogjorde för den svenska industrins syn på en förtida stängning av kärnkraften i Sverige. Knappt hälften av Sveriges BNP är relaterad till export och 85 procent av denna utgörs av varor. För att den svenska exportindustrin ska fortsätta vara en viktig spelare i den svenska ekonomin krävs bland annat låga energipriser. Den svenska industrin använder ungefär 50 TWh el varje år, vilket kan jämföras med de 54 TWh som den svenska kärnkraften producerade år 2015. Enligt Svenskt Näringsliv medför en utfasning av kärnkraften högre elpriser, vilket i sin tur också ökar risken att exportindustrier drivs ut ur landet. Den svenska industrins företrädare oroar sig därför över den nuvarande energisituationen. Svenskt Näringsliv vill se mer ansvarstagande från elmarknadens aktörer och från våra politiker. Organisationen efterlyser tydliga signaler om energipolitikens inriktning och mål med mera. Om så sker kommer det att leda till fler investeringar inom energisektorn, enligt Sunér Fleming.



Maria Sunér Fleming. Foto: Lars Magnell

Mattias Lantz. Foto: Lars Magnell

NYA REAKTORER?

Daniel Westlén (Vattenfall) redogjorde för nybyggnationen av kärnkraft i världen, och de drivkrafter som ligger bakom att många länder bygger nya reaktorer.

För närvarande är mellan 50 och 60 reaktorer under uppförande runt om i världen, vilket är det högsta antalet någonsin. Motivet för flertalet av dessa projekt, exempelvis Finland och Indien, är framförallt för att skapa en trygg elförsörjning. Kina är det största nybyggnadslandet, med 24 reaktorer under byggnation. För Kina handlar det till stor del om att göra sig mindre beroende av kolkraften och om att få en mer hållbar elproduktion. Även Storbritannien har ett stort program för ny kärnkraft, med tio identifierade platser där man planerar att uppföra reaktorer med målet att börja producera elektricitet redan vid början av år 2025.

I Sverige är intresset för ny kärnkraft just nu politiskt svalt. Men vad krävs då för att nya reaktorer ska kunna byggas i Sverige? För bara två-tre år sedan talade Vattenfall om att bygga nya reaktorer, men för tillfället (?) är läget ett annat. Mattias Lantz redogjorde för tre huvudsakliga skäl till att det inte planeras för nya reaktorer i dagsläget:

- **Dålig lönsamhet** – på grund av låga elpriser och överskott av producerad el.
- **Effektskatten** – beräknad på installerad effekt. En ren fiskal skatt som det i skrivande stund förs livliga diskussioner om bland politiker och opinionsbildare - ska den tas bort, minskas eller vara kvar?
- **Politisk risk** – politiska svängningar om kärnkraft över tid samt nuvarande regeringens inställning till huruvida kärnkraften ska avvecklas och ersättas med förnybar kraftproduktion.

Den politiska risken hör ihop med den allmänna opinionen. Det är emellertid inte alltid samma sak enligt Lantz, som nämnde SOM-institutets[3] årliga undersökningar och Analysgruppens egna undersökningar som ett verktyg för att känna av den allmänna opinionen. SOM-institutet har undersökt det svenska folkets inställning till kärnkraft sedan 1986 med samma fråga. Resultatet har varierat under åren men attityderna blir generellt mer positiva ju längre tid som förlupit efter en olycka som den i Tjernobyl.

Vad krävs då för att en nybyggnation i Sverige ska bli intressant? För det första behövs en större efterfrågan på el och att elpriset motsvaras av produktionskostnaderna. En lösning skulle kunna vara mycket långa priskontrakt, ungefär 20 år enligt Lantz. Det är också nödvändigt att elmarknaden är politiskt stabil i ett längre perspektiv och att subventioner inte leder till att en viss teknologi missgynnas.

LASTFÖLJNING MED KÄRNKRAFT ÄR MÖJLIGT

Det svenska elsystemet har länge kännetecknats av att kärnkraft är basproduktion, och att vattenkraft utöver sin roll som basproduktion även svarar för de löpande variationerna i efterfrågan. En viss varierande elproduktion i kärnkraftverk har dock förekommit även i Sverige under 80- och 90-talen. Då lät man elproduktionen följa dygns- och veckoslut-

3 Samhälle Opinion Medier. Institutet är en opartisk undersökningsorganisation vid Göteborgs universitet.

forts.➔

forts.➔

Jonas Persson. Foto: Lars Magnell

svariationerna i efterfrågan på effekt, så kallad lastföljning.

Jonas Persson (Vattenfall) talade om detta, som en möjlighet för kärnkraften i ett framtida elsystem med större behov av reglerkraft. Enligt Vattenfall går det att lastfölja med kärnkraft, framförallt på dygns- eller veckobasis.

I Frankrike använder man sig av både planerad långsam nedreglering i effekt under nätter och över veckoslut, primärreglering för att stötta frekvensen på elnätet och av sekundärreglering kopplad till elmarknaden, berättade Jonas Persson.

Om man planerar för lastföljning när reaktorn laddas med bränsle erhålls mycket små ökningar av de rörliga kostnaderna. De fasta kostnaderna är ju emellertid desamma, så om man ska få lönsamhet i lastföljningen måste man få någon form av ersättning för neddragningen. En viktig faktor att komma ihåg är också att det går snabbare att dra ned effekten än att dra upp den igen, efter lastföljning.

2016 KOMMER ATT VARA AVGÖRANDE FÖR SVENSK KÄRNKRAFT

Elpriset som idag pendlar kring 20 öre per kWh väntas förbli lågt under lång tid. Detta samtidigt som kostnaden för att producera el med kärnkraft i dagsläget ligger runt 28 öre inklusive skatter enligt en analys gjord av Sweco (Frank Krönert). Skillnaden är i samma storleksordning som effektskatten på kärnkraft vilken är cirka 7 öre. Under 2016 kommer investeringsbeslut för fasta installationer av oberoende härdnödkylning att behandlas. Styrelsernas beslut kommer att styras av huruvida man ser en ekonomisk framtid för kärnkraften eller ej. Dessutom förväntas Energikommissionen att utkomma med sin rekommendation om ett framtida svenskt energisystem i slutet av år 2016. ■

EU-kommissionens rapport om kärnkraftens framtid inom EU

I april 2016 presenterade EU-kommissionen en produktionsprognos för all kärnkraftel inom unionen och en redogörelse för kärnkraftens livscykelkostnader. Rapporten har tagits fram av Illustrative Programme for Nuclear Energy (PINC). PINC ska i fortsättningen utgöra basen för diskussionerna om hur kärnkraft kan bidra så att EU:s energipolitiska mål uppnås. Den första rapporten har fokus på förväntade kostnader för att färdigställa bränslecykeln inom EU och antalet reaktorer som förväntas vara i drift fram till 2050. Nedan följer en sammanfattning av rapporten, som kan läsas i sin helhet här.

Rapporten är den första skriftliga kommunikationen från EU-kommissionen avseende kärnkraftens utveckling inom EU efter haverierna i Fukushima. Rapporten inleds med statistik vad gäller kärnkraftens andel av energimixen. Bland annat framgår att hälften av EU:s medlemsstater har kärnkraft. Tack vare en stor andel kärnkraft och förnybar elproduktion är EU för närvarande en av tre[4] stora ekonomier som har ett elsystem med låga utsläpp av växthusgaser.

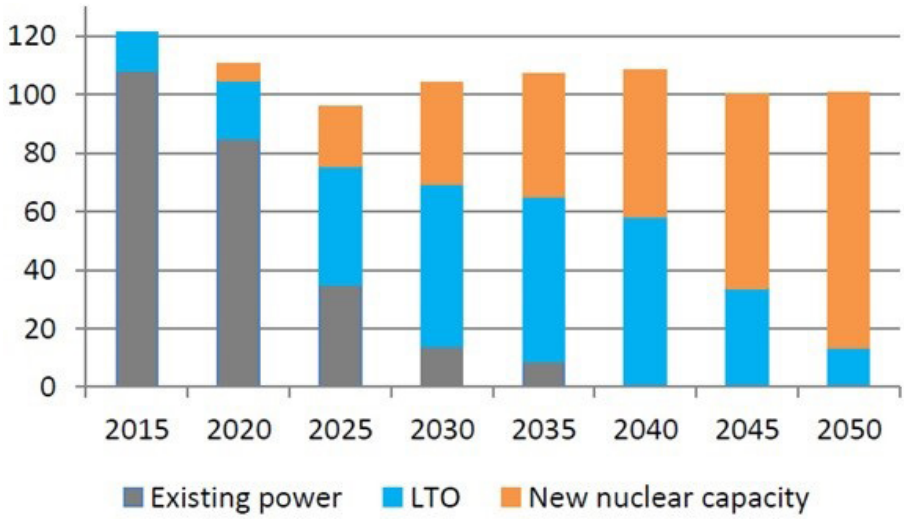
Kärnsäkerhet är av största prioritet för EU-kommissionen, särskilt med tanke på de rekommendationer och krav på investeringar för ökad säkerhet som kommit efter Fukushima. Dessutom rör sig kärnkraftsindustrin mot en ny fas i ökade aktiviteter när det gäller "back end"-frågor. PINC-programmet är då tänkt att utgöra kommissionens utpost för att belysa och debattera de investeringar inom branschen som är nödvändiga framöver.

4 De två andra stora ekonomierna är Kanada och Brasilien, enligt Eurostat May 2015.

MARKNADEN FÖR KÄRNKRAFT INOM EU

Inom EU finns förnärvarande 129 reaktorer med en total kapacitet på 120 GWe. Reaktorerna antas i medeltal vara i drift under ytterligare omkring 30 år. Nybyggnadsprojekt pågår i tre länder (Finland, Frankrike och Slovakien), med totalt fyra reaktorer. Därtill finns planer på ny kärnkraft i ytterligare 10 medlemsländer. Exempelvis har Storbritannien nyligen deklarerat sin avsikt att stänga alla koleldade kraftverk senast 2025 och ersätta dem med framförallt nya gas- och kärnkraftverk. Övriga länder inom EU där det pågår licensieringsprocesser för ny kärnkraft är Finland och Ungern och i exempelvis Bulgarien, Litauen och Polen föreligger planer på att bygga ny kärnkraft.

EU-kommissionen gör emellertid bedömningen att kärnkraftens installerade effekt inom EU kommer att minska fram till 2025, mycket beroende på att några medlemsstater har beslutat att fasa ut sin kärnkraft eller minska dess del i energimixen. Exempel på dessa länder är Tyskland och Sverige. Enligt PINC kom-



EU-kommissionens prognos på total installerad elektrisk effekt kärnkraft inom EU.
Figur: EU-kommissionen.

forts.➔

forts.➔

mer fler än 50 av de 129 kommersiella reaktorerna inom EU att avvecklas fram till 2025. Vidare anser EU-kommissionen att nya reaktorer kan förväntas att kopplas in på nätet efter år 2030 samt att livstidförlängande åtgärder då kommer att vara avslutade. Därför bedömer EU-kommissionen att kärnkraftens produktionskapacitet inom EU kommer att vara mer eller mindre konstant fram till år 2050, se figuren ovan. Som figuren visar kommer troligen merparten av investeringarna att göras i nya avancerade reaktorer, som exempelvis EPR, AP-1000, VVER-1200 och ACR-1000. Eftersom det totala elbehovet förväntas att öka kommer därför andelen kärnkraftsproducerad el att minska från dagens 27 procent till 20 procent.

NÖDVÄNDIGA INVESTERINGAR FRAMÅT 2050

För att de mål som EU satt upp i enlighet med "Energy Union Strategy", avseende bland annat utsläpp av CO_2 från kraftproduktion, ska uppfyllas krävs mycket stora investeringar mellan år 2015 och 2050. Den totala investeringskostnaden uppskattas till mellan 3,2 och 4,2 triljoner euro. I den uppskattade kostnaden ingår investeringar i elnät och i nya kraftverk (både el- samt kombinerade värme- och elkraftverk) inom både den förnybara sektorn och inom kärnkraftssektorn.

Om inga livstidsförlängande åtgärder genomförs kommer ungefär 90 procent av befintliga reaktorer att avvecklas före år 2030.

Inom fyra områden för kärnkraftscykeln ser EU-kommissionen att investeringar är nödvändiga. Dessa områden är front-end (bränsletillverkning), nya reaktorer, livtidsförlängning och back-end (avfallshantering).

FRONT END

Inom EU verkar flera stora bränsletillverkare. Däremot köps det mesta av det uran som används i kärnbränslet från länder utanför Europa, i huvudsak Australien, Kanada, Kazakstan, Namibia, Niger och Ryssland. Inom området uranbrytning kan Europa i princip endast försöka verka för att inga handelshinder ska uppstå. För upparbetning och anrikningsanläggningar har de huvudsakliga investeringarna redan gjorts och det handlar mer om att modernisera anläggningarna så att Europas ledarställning vad gäller teknik upprätthålls. De befintliga bränsletillverkningsanläggningarna inom EU anses vara tillräckliga för att möta behovet av bränsle till de västerländska reaktordesignerna. För de ryskdesignade reaktorerna krävs dock ett visst utvecklings- och licensieringsarbete.

NYA REAKTORER

För att upprätthålla kärnkraftens nuvarande produktionskapacitet inom EU till och efter år 2050 kommer ytterligare stora investeringar att krävas de kommande 35 åren. PINC uppskattar kostnaden för att ersätta merparten av den befintliga produktionskapaciteten med nya reaktorer till mellan 350 till 450 miljarder euro. Eftersom nya reaktorer har en design som ska säkerställa en planerad driftstid på 60 år, kan dessa emellertid vara i drift till slutet av detta århundrande.

Flera faktorer påverkar tillgången till kapital för investeringar i nya kärnreaktorer. För de två huvudsakliga kostnadskomponenterna, "overnight costs" och finansiella kostnader är den förväntade byggtiden samt den projekterade kalkylräntan två viktiga faktorer. Med "overnight costs" menas själva kostnaden för ett byggnadsprojekt utan hänsyn till någon ränta, det vill säga kostnaden för projektet om det slutfördes över natten.

Några nya projekt i Europa, bland annat Olkilouto-3, har lidit av förseningar och överskridande av budget. Framtida projekt med liknande teknologier bör tjäna på de erfarenheter som finns från dessa nybyggnadsprojekt, så att kostnader kan reduceras. Detta kan bland annat ske genom mer samarbete mellan kravställande myndigheter vid licensiering av nya reaktorer samt uppmuntran till utveckling av standardiserade reaktortyper. Detta kommer inte bara att leda till billigare reaktorer utan också säkrare. Just en mer standardiserad licensiering av små modulära reaktorer nämndes av Kristiina Söderholm, Fortum, i en intervju i Kärnkraft i vår omvärld #30, som ett måste för att kunna ta fram konkurrenskraftig kärnkraft i framtiden.

LIVTIDSFÖRLÄNGNING

I Kärnkraft i vår omvärld #27 var temat långtidsdrift av kärnkraftverk, och där beskrevs förutsättningarna för att kunna köra befintliga reaktorer upp till 60 år och ännu längre som man planerar för i exempelvis USA. Även i Europa har många tillståndshavare deklarerat att man avser att köra reaktorerna längre än ursprunglig planerad drifttid. För fortsatt drift ur ett kärnsäkerhetsperspektiv krävs främst:

- Demonstration och kvarhållande av anpassningen till gällande myndighetskrav
- Ökande anläggningssäkerhet

För att kunna upprätthålla en fortsatt god kärnsäkerhet för de befintliga reaktorerna genom livstidsförlängningen fram till år 2050 krävs investeringar till en kostnad av 45 till 50 miljarder euro, enligt medlemsländernas egna uppskattningar. I medeltal handlar det om mellan 10 till 20 års längre drifttid för de aktuella reaktorerna.

BACK END – SLUTSTEGET PÅ KÄRNKRAFTSCYKELN

Back end-delen av kärnkraftcykeln kommer att kräva mer resurser i takt med att avvecklingen av befintliga reaktorer ökar inom de närmaste åren. För att kunna ta hand om allt avfall, inklusive det från reaktorbyggnaderna och det radioaktiva avfallet, kommer det att krävas noggrann planering och samarbete mellan medlemsländerna. Den senaste uppskattade kostnaden från EU-kommissionen för totala back end-delen uppgår till 253 miljarder euro fram till år 2050. Av den summan står avveckling och rivning av kärnkraftreaktorerna för ungefär 123 miljarder euro, medan omhändertagande av radioaktivt avfall och det använda kärnbränslet uppskattas kosta 130 miljarder euro. Enligt PINC så har redan 133 miljarder euro avsatts genom placering i olika fonder, exempelvis den svenska kärnavfallsfonden. Pengarna kommer, precis som i Sverige, i de flesta fall från en avgift som baseras på inkomsterna från mängden producerad el (x öre per kWh).

ICKE KRAFTPRODUCERANDE KÄRNTEKNOLOGI

PINC-rapporten från EU-kommissionen redogör inte bara för nödvändiga kostnadsinvesteringar för kraftproducerande kärnkraft i Europa, utan också för behovet av nya forskningsreaktorer för att producera radionuklider som används för diagnostiska och terapeutiska tillämpningar. I Europa används diagnosverktyg med röntgenstrålning eller strålning från radionuklider i stor utsträckning varje år. Ungefär 700 000 hälsovårdsarbetare i Europa arbetar med kärn- och strålningsteknik på daglig basis. Ungefär 9 miljoner patienter i Europa diagnostiseras eller behandlas genom strålterapi med radionuklider varje år. Europa är världens näst största användare av den viktiga radionukliden för cancerdiagnostik, teknetium-99m (^{99m}Tc).

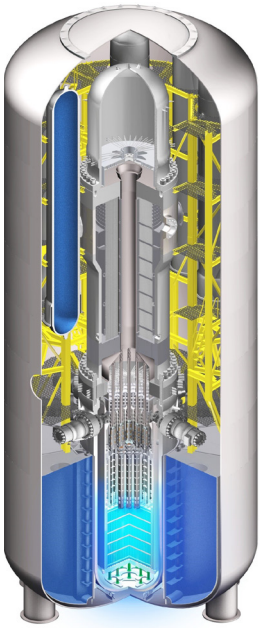
Tyvärr börjar en stor andel av Europas forskningsreaktorer, som producerar radionuklíderna som används för diagnostik och strålterapi, att närma sig slutet av sin förväntade livstid. Detta kan leda till stort brist på viktiga radionuklider i Europa inom en snar framtid. EU-kommissionen har insett allvaret i situationen och initierat processer för att koordinera driften av de forskningsreaktorer som är igång. EU-kommissionen anser dock att ytterligare koordinering i Europa krävs när det gäller användandet av icke kraftproducerande kärnteknik för att möta den framtida efterfrågan. ■

En skiss på ett framtida kärnkraftverk med en liten modulär reaktor. Bild: Westinghouse Electric Company

Storbritannien har det som krävs för tillverkning av Westinghouse SMR

I Kärnkraft i vår omvärld #30 gavs en översiktlig redogörelse för de dussintals olika SMR-koncept som nu är under utveckling i världen. Många av dessa har ännu inte lämnat ritbordet, medan andra är ganska väl utvecklade och nu går in i en projekterings- och byggfas. Till de länder som nu ligger i den tekniska framkanten hör Kina, Ryssland, Storbritannien samt USA – här har vi valt att sätta fokus på läget i Storbritannien.

Enligt den oberoende studien "Nuclear Advanced Manufacturing Research Centre", NAMRC, har Storbritannien det som krävs för att tillverka Westinghouse "lilla modulära reaktor" (SMR – Small Modular Reactor). Westinghouse delgav tidigare i år att de, tillsammans med NAMRC, undersökte möjligheten att tillverka reaktortanken för en SMR. Westinghouse och NAMRC har nu kommit fram till att den avancerade brittiska teknologin möjliggör en halvering av tillverkningstiden och också medger betydande kostnadsbesparingar vid tillverkning av SMR.



Modell av Westinghouse:s SMR. Figur: Westinghouse Electric Company

Det faktum att man lokalt kan få tillgång till stålet, smida det, och därefter också lokalt sätta ihop Westinghouses reaktortank medger en unik möjlighet för den brittiska regeringen. Från Westinghouse sida konstateras sammanfattningsvis att detta gör det möjligt att lokalisera hela material- och tillverkningskedjan för SMR-teknologi till Storbritannien. Detta hänger alltså samman med att Storbritannien sedan tidigare har gedigna erfarenheter av tillverkning av komponenter och annat som behövs inom det kärntekniska området – en faktor som kan skapa ekonomisk tillväxt och nya jobb inom industrin.

NAMRCs VD, Mike Tynan, pekar också på lokal tillverkning som möjlighet för att reducera kostnaderna för att driva projekten. Vidare räknar man med att kärnbränslet för SMR-reaktorerna ska kunna tillverkas i Westinghouse Springfields redan existerande bränslefabrik i Storbritannien. Där ligger företaget i beredskap genom att det kan dra nytta av påbörjad tillverkning av SMR-bränsle i den anläggning de har i Syd-Carolina.

Brittiska regeringen avser att senare i år publicera en plan där motsvarande 350 MSEK kommer att avsättas för att möjliggöra ett forsknings- och utvecklingsprojekt för SMR-reaktorerna, vilket inkluderar ett säkerställande av nödvändig kärnteknisk kompetens.

Westinghouse SMR, som kommer att få en effekt på ungefär 225 MWe, är en integrerad tryckvattenreaktor med alla primära komponenter placerade inuti reaktortanken och som kan tillgodoräkna sig de passiva säkerhetssystem som har utvecklats för AP-1000[5]. Designen bygger på befintlig teknologi som i grunden redan är säkerhetsprövad, vilket kommer att minska tiden för utveckling och tillståndsprövning för reaktortypen. ■

5 Westinghouse "stora" generation III+-reaktor med helt passiva säkerhetssystem som byggs på flera siter i Kina och USA.

KORTA NOTISER från kärnkrafts-branschen

Inlämnat drifttillstånd för Olkilouto-3

En milstolpe för det finska nybyggnadsprojektet Olkilouto-3 har nåtts, genom att ägaren Teollisuuden Voima Oyj (TVO) har ansökt om drifttillstånd för anläggningen hos det finska näringsdepartementet. Det är en mycket positiv nyhet för byggnationen av den AREVA-konstruerade generation III+ reaktortypen EPR (European Pressure Reactor) i Olkilouto. TVO förväntar att de ska få svar på ansökan från den finska regeringen i slutet av 2017, säger Jouni Silvennoinen, TVO:s förste vice-ordförande. När tillståndet är godkänt kan igångsättningsprocessen ta vid, med normal elproduktion i slutet av 2018. Det betyder alltså att om allt går i lås kommer projektet att vara nio år försenat, eftersom det ursprungligen planerades för en start av Olkilouto-3 år 2009. Olkiluoto-3-projektet går nu in i en testfas, eftersom det i april 2016 påbörjades tester av de olika processystem som ingår i den nya anläggningen. ■

SSM ser inga principiella hinder för Hanhikivi-1

SSM har lämnat sina synpunkter i ett skriftligt utlåtande till det finska arbets- och finansdepartmentet om Fennovoimas planerade nybygge av Hanhikivi-1 i Pyhäjoki i norra Finland. SSMs utlåtande har skett i enlighet med den överenskommelse som finns mellan de nordiska länderna. SSM uppger att det ur svenskt perspektiv inte finns några principiella invändningar mot att ge mot Fennovoima tillstånd att konstruera och bygga ett kärnkraftverk i Pyhäjoki. I skrivelsen anger SSM att den finska anläggningsdesignen innebär "en obetydlig risk" för ett svårt haveri och genom att djupförsvarsprincipen tillämpas så är risken för stora utsläpp, om en olycka trots allt skulle inträffa, liten. Dessutom förebyggs olyckor genom krav på kvalitet, säkerhet och ständiga förbätt-

forts.➔

forts.➔

ringar genom tillämpning av den så kallade SAHARA[1]-principen (Safety as High as Reasonably Achievable). SSM anser också att hanteringen av driftavfall från den planerade reaktorn i Pyhäjoki innebär försumbara miljökonsekvenser i Sverige. SSM önskar emellertid att få delta i den kommande samrådprocessen om slutförvaringen av det radioaktiva avfallet och det använda kärnbränslet från anläggningen. ■

Kenya börjar sin utvärdering av kärnkraftsteknologin

Kenya har inlett en utvärderingsprocess av olika kärnkraftkoncept som underlag för uppförandet av egna kärnreaktorer.

– Vi har inlett processen med att utvärdera möjliga teknologier som ska kunna utnyttjas när det uppstår ett behov av kärnkraft, säger Winnie Ndubai, ansvarig för tekniska frågor på Kenya Nuclear Electricity Board.

Den kenyanska regeringen meddelar att de planerar att färdigställa sin första reaktor i slutet av år 2027. IAEA sade så sent som i september 2015 att Kenya har gjort stora framsteg när det gäller den förberedande processen för att kunna börja bygga och driva kärnreaktorer i landet.

I Kärnkraft i vår omvärld #30 skrev vi att Kina blivit en aktör på den internationella marknaden för ny kärnkraft. Även Kenya har nu upprättat ett kontrakt med China General Nuclear Power Company om utveckling av kärnkraft i det östafrikanska landet. ■

1 ”Säkerheten hålls på en så hög nivå som det med rationella åtgärder är möjligt att uppnå, det vill säga att man med mycket stor säkerhet kan förhindra strål- och kärnolyckor” – STUK (Finlands motsvarighet till SSM)

USA startar nytt kärnkraftverk

Sedan kärnkraftshaveriet i Three Mile Island 1979 har amerikanska satsningar i kärnkraftindustrin i stort sett avstannat. Det amerikanska intresset för investeringar i ny kärnkraft har emellertid ökat under senare år där debatten om klimatstörningar utgjort ett av argumenten. Detta har nu resulterat i att det första kärnkraftverket i USA under detta årtusende inom kort kommer att startas – ”Tennessee Valley Authority:s Watts Bar 2” på 1 150 MWe. Watts Bar 2 gick kritisk första gången 23 maj 2016. Ytterligare fyra amerikanska kärnkraftverk befinner sig nu i konstruktionsfasen, vilket det skrevs om i Kärnkraft i vår omvärld #26. Amerikanska regeringen har dessutom under det gångna året godkänt licenser för konstruktion av kärnkraftverk i Michigan och Texas. Amerikanska Kärnkraftinspektionen Nuclear Regulatory Commission granskar nu ansökningar om att få bygga ytterligare fem kärnkraftverk. De 99 kommersiella kärnkraftverken i USA står idag för cirka 19 procent av landets elproduktion. ■

Redaktion

Vattenfall AB, 169 92 Stockholm

Joachim Thorn, Vattenfall AB
joachim.thorn@vattenfall.com
070-225 67 18

Björn Cedervall, 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