

# Reseberättelse

**Framtid, YG 24, 2018-11-21**

*Text av Johan Holmer, William Lundström. Dimitri Ostrovskii, Merja Pukari & Britta Rönntoft*

# Framtid

Med temat Framtid inleddes studiebesöken inrikes under våren med att dels besöka spallationsanläggningen ESS i Lund som är under konstruktion och dels siten Barsebäck som är under avveckling. Under hösten fortsatte sedan resan söderut mot Frankrike som är ett land med satsning på kärnkraft. Ett besök på Flamanville gjordes där en EPR är under konstruktion. I Frankrike besöktes även fusionsforskningsreaktorn ITER som också är under uppbyggnad.

## Deltagare på resan

Johan Holmer

*OKG*

William Lundström

*Westinghouse*

Dimitri Ostrovskii

*ÅF*

Merja Pukari

*Studsвик*

Britta Rönntoft

*Forsmark*

## Tanke bakom resmål och koppling till vårt tema

Att vi valde att förlägga ett av våra studiebesök på Barsebäck som är ett nedlagt kärnkraftverk ser vid första anblick inte ut att gå hand i hand med vårt tema framtid. Funderar man lite närmare på saken inser man att det är just vad det gör, avveckling är den framtid som kärnkraften i dagsläget står inför, i alla fall för vårt lands del. I detta arbete är Barsebäck den anläggning som har kommit längst och erfarenheter från avvecklingen på Barsebäck kan vidare användas för framtida avveckling av svenska kärnkraftverk.

ESS, när det står klart, kommer att nyttjas av forskare över hela världen. Med nya verktyg kan framtida forskningsgenombrott inom medicin, miljövetenskap, klimat, kommunikation och transport möjliggöras.

ITER är en internationell experimentell anläggning för forskning kring fusion som är under konstruktion. Det är den största och senaste fusionsreaktorn. Syftet med anläggningen är att påvisa att det är möjligt att producera mer energi från fusionsprocessen är vad som åtgår till att värma upp plasman, vilket är något som inte har kunnat uppvisas i någon fusionsreaktor tidigare. ITER hoppas kunna leda vidare till elproducerande fusionsreaktorer och så småningom även till kommersiella reaktorer.

Frankrike är ett land som till skillnad från Sverige satsar mycket på kärnkraft. Därför tyckte vi att det var intressant att besöka Frankrike och någon av deras nykonstruerade kärnkraftverk. Flamanville 3 är landets första reaktor av tredje generationen, en så kallad EPR (European Pressurized Reactor), som beräknas vara driftklar i slutet av 2019.

## ESS

Dag ett på inrikes-resan anlände gruppen på ESS i Lund för besök hos den blivande spallationsanläggningen. Dagen började med en presentation av ESS, teori bakom spallation och allmän fakta om anläggningen. Spallation är en nukleär process där en tung kärna bombarderas med en proton med hög energi och resultatet blir att målkärnan faller sönder och frigör många neutroner, som i sin tur kommer att användas för att bestråla andra material. ESS kommer att vara världens starkaste neutronkälla och är ett internationellt samarbete där olika länder bidrar med olika delar av anläggningen.

ESS planeras vara i full drift år 2025, målet (materialet som ska bombarderas) kommer att vara wolfram och protonaccelerator-tunneln är över 500m lång! Från målet färdas de bildade neutronerna längst kanaler mot olika experiment inväntar bestrålning. Huvudsyftet med dessa experiment är olika sorts materialprov, där forskningsgrupper från hela världen kan boka platser i anläggningens strålkammare.



**Framtidsgruppen framför ESS-site, i bakgrunden byggnation av mål-byggnaden.**



**ESS protonkälla, på plats och under inkoppling.**

Efter presentationen gick vi en rundvandring ute på site. De olika delarna av anläggningen var under olika faser av byggnation, byggnaden som kommer att husera wolfram-målet var under konstruktion och vi fick därför inte besöka just det. Gruppen fick dock besöka:

- Kryo-anläggningen, där helium kommer att komprimeras och kylas i ett första steg till ca. 4 K. Efter detta skickas heliumet till nästa kylningssteg som tar det till slutgiltiga temperaturen på 2 K, detta sker dock i närheten av accelerator-tunneln där kylbehovet kommer att finnas.
- Kontrollrummet, som i dagsläget står tomt och är under konstruktion.
- Acceleratortunneln, en över 500m lång tunnel där protoner kommer att accelereras till 2 GeV. Under besöket var tunneln färdigbyggd och protonkällan hade precis anlänt, anslutning pågick. Tunneln i sig är extremt rak, med precision utan dess like, detta för att inte ha förluster vid accelerationen av protoner.

## Barsebäck

Andra dagen på vårt inrikesstudiebesök besökte vi Barsebäck. Där möttes vi upp och välkomnades av Maria Taranger som är informationsansvarig på Barsebäck. Vi fick först en kort introduktion om företaget och vad Maria arbetar med. På Barsebäck står två kokarvattenreaktorer som när de var i drift hade en effekt på 615 MW styck. Barsebäck 1 togs i drift 1975 och stängdes ned 1999 medan Barsebäck 2 togs i drift 1977 och stängdes ned 2005. Politiska beslut samt påtryckningar från Danmark var anledningen till verkens nedläggning. I dagsläget pågår servicedrift av anläggningen vilket sysselsätter ett 120-tal anställda samt ett antal entreprenörer. Besöksverksamheten är en viktig del för Barsebäck som verkar för en ökad kunskap om kärnkraft hos allmänheten. Varje år besöks anläggningen av ungefär 5000 personer, mestadels från närområdet.

Vi fick också en guidad rundtur i och runt anläggningen av Maria. Vi började ute på siten. Bortsett från de saknade elledningarna som hade blivit nedmonterade under föregående vecka och avsaknaden av liv och rörelse syntes inga tecken på avvecklingen utifrån. Efter att ha tagit in den fina utsikten över havet med Danmarks kust och Öresundsbron i bakgrunden fortsatte rundturen in på kontrollerad sida. Där tittade vi bland annat ut över reaktorhallarna samt besökte turbinhallen på Barsebäck 2 där det var fritt fram att titta in i lågtrycksturbinerna. Vi såg även matarvattenpumparna, hjälpmatarvattenpumparna, mellanöverhettarna, generatoren och tittade även in i kondensorn.



**Beskådande av Barsebäcksverken med den danska kusten bakom ryggen.**



**Framtidsgruppen framför kondensorn på Barsebäck 2 efter att ha tittat in i den.**

Det avvecklingsarbete som i dagsläget pågår på Barsebäck är segmentering av interndelar. I övrigt försöker man kartlägga kontamination genom att intervjua gammal driftpersonal om tidigare arbeten och händelser som ägt rum och som kunnat orsaka särskilt hög kontamination. Man räknar med att cirka sex procent av allt avfall kommer att räknas som radioaktivt och kommer att transporteras till och förvaras i SFR efter det att utbyggnaden är klar vilket man räknar med tar fram till 2028. I väntan på det utreder man möjligheten till ett mellanlager på site för att bli mer oberoende och kunna påbörja rivningen som man räknar med kommer att ta cirka sex år. Ett bekymmer som finns är allt driftavfall så som filtermassor, använda kläder och trasor som man i dagsläget inte vet hur man ska ta om hand och gjuta in.

Förutom avvecklingsarbete bedrivs det även el del andra uppdrag på Barsebäck. Det förekommer bland annat att man kör driftprover på komponenter åt andra företag. Något som precis hade avslutats när vi besökte Barsebäck var arbetet i Energiforsks samarbetsprojekt med att ta ut materialprover på reaktortanken. Tanken med detta är att det ska ge kunskap om hur svetsgodset påverkas av bestrålning och termisk påverkan vilket ska ge underlag för långtidsdriften av kärnkraftverk. Deltagande i olika forum för att samla in erfarenheter från andra verk i världen ingår också som en del i arbetet på Barsebäck.

Vi avslutade studiebesöket med lunch i restaurangen med en fin utsikt över vattnet. Vi tackade Maria för att hon kunde ta emot oss och kände oss alla mycket nöjda med besöket som utformades lite efter våra egna önskemål. Särskilt häftigt tyckte vi det var att kunna komma in i utrymmen som vid drift är svåråtkomliga och kunna se komponenter på nära håll och till och med från insidan!

# ITER

Vår utrikesresa spenderades i Frankrike och den första dagen inleddes vid flygplatsen i Marseille. Innan vårt första studiebesök vid platsen för fusionsexperimentet ITER hann vi att göra en snabbvisit inom Marseille där vi besökte den präktiga kyrkan Notre Dame de la Garde. Kyrkan var belägen på hög höjd, vilket gav en strålande utsikt över Marseille och medelhavet.

Efter en dryg timmes bilresa anlände vi sedan vid ITER som ligger i Saint-Paul-lès-Durance precis intill forsknings- och utvecklingscentret Cadarache. Väl på plats möttes vi av vår guide Katerina som arbetar på kommunikationsavdelningen inom ITER-organisationen.

Vår första anhalt var besökscentret där Katerina gav information om själva projektet och om hur anläggningen är tänkt att fungera. ITER är ett mycket stort forskningsprojekt vars mål är att bygga världens största fusionsreaktor av tokamak-typ. Medlemmar i ITER-projektet är Kina, EU, Indien, Japan, Sydkorea, Ryssland och USA. ITER-projektet har sitt ursprung i en överenskommelse slutet mellan Ronald Reagan och Michail Gorbatsjov år 1985.

I en fusionsreaktionsprocess slås två stycken atomkärnor ihop och bildar en tyngre kärna samtidigt som bindningsenergi frigörs. I ITER ska väteisotoperna deuterium och tritium användas, vilket också är det vanligast förekommande bränslet eftersom att denna reaktion frigör mest energi i förhållande till vilken temperatur plasmat måste hålla. En tokamak består förenklat av en vakuumkammare i form av en torus ("donut"-form). I vakuumkammaren hettas det gasformiga bränslet upp till ca 150 miljoner grader, varvid gasen joniseras och får en laddning. När plasmapartiklarna når dessa temperaturer (och därmed hastigheter) kan den repellerande kraften orsakad av dess laddning övervinnas och atomkärnorna slås samman. Plasmat hålls på plats med hjälp av omgivande supraledande magneter som skapar ett starkt magnetfält inne i vakuumkammaren. Fusionsreaktionen frigör neutroner med hög energi som träffar kammarens väggar. Väggarna kyls av genomströmmande vatten, och det är genom denna kylning energin från fusionsprocessen kan transporteras bort från tokamaken. Designmålet med ITER är att uppnå 500 MW fusionseffekt då 50 MW tillförs för att hålla igång fusionsprocessen, främst för uppvärmning av plasmat. Förhållandet mellan energi ut och energi in kallas för Q-faktor och ITERs mål är  $Q \geq 10$ . På grund av begränsningar i tekniken sker energifrigörelsen pulsat och ITER räknar med en pulstid på 400 - 600 sekunder. Nuvarande rekord har tokamaken JET med  $Q=0,67$ . Eftersom att ITER är ett experiment kommer inte den frigjorda energin att tas tillvara på, utan kyls bort.

Enligt tidplan ska första plasmat uppnås år 2025 och år 2035 förväntas experiment med deuterium-tritium-drift ske.



### **I bildens centrum ser vi Tokamak Complex under uppförande och intilliggande Assembly building**

Nästa anhalt var PF Coil building. I denna byggnad tillverkas de magnetspoler som ska ligga som ringar kring vakuumkanmaren, så kallade "poloidal field coils" 6 stycken totalt. Dessa ingår i funktionen att generera det kraftiga magnetfält som krävs för att hålla plasmat på plats inne i vakuumkanmaren. Spolarna tillverkas var och för sig i ett antal sekventiella steg. Materialet är Niob-Titan och de kommer att kylas internt med Helium för att komma ner i temperaturer de ca. 4 K som krävs för att få supraledande egenskaper.

Sedan fick vi se den så kallade Assembly building. Assembly building ligger intill tokamak-byggnaden och är precis som namnet antyder en byggnad där komponenter monteras och bereds inför installation i själva tokamak-byggnaden. I assembly building finns bl.a. en stor travers och lyftverktyg framtagna för specifika uppgifter. Byggnaden var i detta skede avgränsad mot tokamak-byggnaden med en tillfällig vägg. Väggen kommer framledes att rivas för kunna ansluta mot tokamak-byggnaden.

Vår sista anhalt på besöksturen var tokamak-byggnaden. Byggnaden var under vårt besök relativt långt kommet i uppföringsfasen. Några komponenter till själva Tokamaken hade dock ännu inte installerats i byggnaden, detta låg ca 1 år bort i tiden. Byggnaden består av armerad betong av hög klass. Byggnaden vilar på 493 pelare som skyddar byggnaden mot seismiska krafter. Hela byggnaden var täckt med ingjutna metallplattor som sedermera kommer att användas för infästning av komponenter och utrustning. Komponenter som ingår i Tokamaken kommer att lyftas in i byggnaden från taket via traverser från assembly building.



**Gruppbild inne i tokamak-byggnaden. På betongväggen till höger skådas ingjutna metallplattor.**

Vår guide Katerina berättade att vårt besök ligger bra till i tiden eftersom att det är tveksamt huruvida besöka kommer att kunna ske i tokamak-byggnaden då komponenterna börjar lyftas på plats.

För att ta oss mellan de olika stoppen färdades vi i bil kring siten och fick se hur de olika byggnaderna tagit form. De flesta byggnaderna som krävs för uppföra tokamak-byggnaden och dess ingående komponenter är på plats, det som återstår är sådant som krävs senare i projektet, t.ex. kyltorn och kontrollbyggnad. Det allmänna intrycket av siten är att mycket arbeten igång. Toppen förväntas komma åren innan driftsättning 2021-2025 då det estimeras att 2000 personer kommer att arbeta på platsen.

Nöjda tackade vi sedan Katerina för besöket och begav till oss vidare till Durance för lunch. Vi kan konstatera att det ska bli mycket spännande att följa detta megaprojekt framöver och se hur de tacklar de komplexa problemställningar som fusionstekniken för med sig.



## Flamanville

Dag 2 på utrikesresan inleddes med en bilfärd från Paris till Flamanville som ligger vid den franska kusten. Väl framme fick vi på egen hand utforska besökscentret innehållandes information och bordsmodeller av de befintliga verken Flamanville 1 & 2, två PWR reaktorer på 1300 MW samt den nya EPR (European Pressurized Reactor) reaktor som är under konstruktion, Flamanville 3 som är på 1650 MW.

Därefter fick vi en videopresentation av EDF som företag och vilka åtgärder som tagits efter händelsen i Fukushima samt hur byggandet av Flamanville 3 har gått till.

De åtgärder som tagits efter Fukushima var bland annat att två stora bassänger har byggts för att kunna förse Flamanville 1 & 2 med härdkylning. En extra dieselgenerator per verk har även byggts.

Efter besöket i besökscentret begav vi oss tillsammans med guide till kontrollrumssimulatorn för den nya EPRen. Kontrollrummet var helt digitaliserat men analoga instrument fanns även som backup, operatörerna måste därför både behärska de digitala och de analoga kontrollerna. Därefter besökte vi simulatorn för Flamanville 1 & 2 där de var mitt uppe i en övning.

Efter besöket i simulatorerna åkte vi till den lilla byn Dielette för att äta lunch.

Efter lunchen fick vi besöka EPRen på nära håll och vi började med att promenera utanför byggnaden. Den nya reaktorn har sex extra dieselgeneratorer till skillnad från de andra två verken som endast har tre. Generatorerna är placerade i grupper om tre på var sida om turbinhallen.

Den nya turbinen består av en högtrycksturbin, en mellantrycksturbin samt tre stycken lågtrycksturbiner.



**Framtidsgruppen på plats i turbinhallen på Flamanville 3. Till vänster i bild skymtas huvudgeneratorn.**

## Tankar om hur besöken uppfyllt YGs riktlinjer

Vi har fått möjlighet att göra fyra ganska olika besök som alla varit lärorika och intressanta. Besöken har anordnats dels genom egna kontakter och dels genom nya kontakter som vi själva sökt upp och etablerat. Utöver själva studiebesöken har vi fått möjlighet att umgås och nätverka inom gruppen. Vår grupp är bred vad gäller vilka företag och områden vi verkar inom, och vi har skapat nya kontaktnät som kan vara värdefulla i framtiden.

## Reflektion mot temat

Vi har genom våra besök tagit chansen att undersöka framtidstemat i lite olika avseenden. Med Barsebäcksbesöket fick vi en inblick i framtiden för den del av vår nutida generation kärnkraftverk som står inför nedmontering och rivning, och de utmaningar detta nya område medför. I Flamanville fick vi istället se ett nybyggt verk som snart står redo att alstra el i många år framöver.

Vid ITER tittade vi på framtiden på lite längre sikt och fick en inblick hur framtidens elproduktion skulle kunna se ut med hjälp av fusionskraft.

Med besöket vid ESS lämnade vi området elproduktion och tittade på en annan viktig tillämpning av kärnfysiken. Spallationsanläggningen ESS planeras att bli världens starkaste neutronkälla och en viktig anläggning för forskning i framtiden.

## Tips

God kommunikation underlättar mycket. Ett bra sätt att uppnå detta är att hålla regelbundna korta avstämningsmöten för att diskutera öppna frågor, rapportera av sina uppgifter, eller helt enkelt bara snacka lite. Vi körde veckovisa telefonmöten vilket fungerade bra.

Ett tips som de flesta grupper brukar ge är att vara ute i god tid. Vi håller med! Det kan ta tid att hitta kontakter och diskutera fram upplägg, tider etc. Ju tidigare man kommer igång desto bättre. Ett tips är att sätta upp en grov tidplan tidigt och synka gruppens kalendrar. Ett annat tips är att inte begränsa sig till ett alternativ utan att kika på flera samtidigt.