



## Reseberättelse

Grupp Säkerhet, Young Generation 2024

### Deltagare

Namn	Företag	Jobbar med
Börge Olsen	Vysus Group	Probabilistiska analyser
Christoffer Rappmann	Ringhals AB	Processanalys
Jonas Larsson	Westinghouse	Strålskydd
Pontus Linse	Westinghouse	Produktutveckling
Simon Grunditz	Forsmark AB	Systemkonstruktion

## Innehåll

Reseberättelse.....	1
Deltagare.....	1
England .....	2
Schema .....	2
Syfte med resan.....	2
Aktiviteter.....	3
Lärdomar och insikter .....	10
Finland .....	13
Schema .....	13
Syfte med resan.....	13
Aktiviteter.....	13
Lärdomar och insikter .....	18
Sverige.....	21
YG:s 30 årsjubileum.....	21
Siemens i Finspång.....	21
Inspiration.....	22



## England

### Schema

När?	Var?	Vad?	Kontakt
7 okt	Bristol	Samling och middag med franska kollegor från Hinkley Point C	<b>Juliette Martin</b> , Piping Design EDF, med kollegor.
8 okt	Hinkley Point B	Guidad tur	<b>Marie Howe</b> , Guide Hinkley Point B <b>Andy Mackerness</b> , Erfarenhetsåterföring
	Cannington Court Hinkley Point C	Besökscenter Hinkley Point C Busstur runt Hinkley Point C	- <b>Caroline Woods</b> , Visit Coordinator <a href="#">Hinkley Tours</a> <a href="mailto:hinkleypointtours@nnb-edfenergy.com">hinkleypointtours@nnb-edfenergy.com</a> <b>Linda van Mam</b> , Tour Guide <i>Rolls-Royce:</i> <b>Alan Pardoe</b> , Manufacturing Capability Delivery Manager <b>Gavin Bell</b> , Factory Delivery Lead <b>Matthew McCormack</b> , Supply Chain ME and Technical Governance Manager <b>Jordan Hall</b> , Consultant Capgemini/ YG UK <i>Factory 2050/ AMRC University of Sheffield:</i> <b>Dr Harry Burroughes</b> , Head of Innovation <b>Mark Hulley</b> , Senior Technical Fellow
9 okt	Rolls-Royce at Advanced Manufacturing Research Center (aka AMRC) "Factory 2050"	Presentationer om Rolls-Royce SMR-satsning och AMRC Tur på Rolls-Royce försökshall "Experi" Tur runt AMRC:s försökshall "Mark 1"	
10 okt	Birmingham	Thinktank Science museum	-

### Syfte med resan

Vi i gruppen Säkerhet var nyfikna att lära oss mer om teknik som inte finns i Sverige. Som Europa-resa valde vi därför att besöka Hinkley Point: Området har flera kärnkraftverk av olika typer, allt från äldre Magnox (Hinkley Point A), AGR (Hinkley Point B) samt nybyggnation med EPR (Hinkley Point C). Hur ser utvecklingen ut från de första Magnox-reaktorerna till de senare AGR-reaktorerna? Sker det någon vidare utveckling i tider då nya reaktorteknologier är mycket omdiskuterade? Hur fortskrider byggnation av två nya EPR-reaktorer och hur ser man på säkerheten kring dessa nya anläggningar?

I Culham, på bilavstånd från Hinkley Point, finns även ett forskningscenter kring fusion som vi var intresserade av. Dock har de lagt ner sin forskningsreaktor och kunde inte ta emot oss. Istället kunde vi med kort varsel besöka Factory 2050 i Sheffield och få en inblick i Rolls-Royce satsning på SMR.

## Aktiviteterna

### Mingel i Bristol

Vi landade i Bristol kvällen innan våra planerade besök och fick genom YG kontakt med Juliette Martin som jobbar på Hinkley Point C som ingenjör och är delaktig i Young Generation och WiN (Women in Nuclear). Tillsammans bokade vi in en middag med henne och en grupp av hennes kollegor som jobbar på EDF (se Figur 1).



Figur 1. Mingel på Three Brothers Burger tillsammans med Juliette Martin (andra till höger) och kollegor AGR (Advanced Gas-Cooled Reactor) i Hinkley Point B  
Hinkley Point A har två Magnox-reaktor, dvs gaskylda reaktorer av första generationen som tillåter produktion av både el och kärnmaterial till militären. Hinkley Point B är två stycken AGR, dvs andra generationen gaskylda reaktorer som är optimerade för elproduktionen. Designen är sådan att ångparametrarna i en AGR är samma som i ett koleldat kraftverk vilket ger en bra verkningsgrad på över 40% samtidigt som utbränningsgraden är lägre än i lättvattenreaktorer. Den sista AGR (Torness) togs 1988 i drift och ska stängas ner inom 4 år vilket kommer att vara slutet för denna unika, brittiska teknologi.

Hinkley Point har fram till corona haft en levande besöksverksamhet som sedan dess legat nere. När eldsjälens Marie hörde om oss drog hon åt sig saken direkt och såg till att vi kunde besöka Hinkley Point B. Sedan nedläggningen 2022 har nog inte många utomstående fått chansen att besöka verket. Och när vi äntligen hade hittat en ledig plats på parkering kom Marie och mötte upp oss i det regniga vädret. Efter incheckningen, som var mest för protokollet, anslöt hennes förstärkning i person av Andy (se Figur 2) som jobbat här i olika roller sedan 2012.



Figur 2. Hinkley Point B Andy Mackerness (t.v.) och vår YG-grupp (från vänster: Börge Olsen, Christoffer Rappman, Jonas Larsson, Simon Grunditz och Pontus Linse).

De båda guidade runt oss på anläggningen där avstånden är korta och vägarna enkla. På nolltid var vi inne i turbinhallen där virrvarret av rörledningar andades en förfluten era. Vimlet hade dessutom precis kompletterats med ett nytt kylsystem lagom dimensionerat för den resteffekt som kvarstår idag. Från turbinhallen var det inte långt till reaktorhallen med dess väldiga, rörliga och tornliknande laddmaskin. Reaktorerna är byggda för att kunna laddas under drift och den imponerande laddmaskinen blir vid laddningen en del av primärsystemets tryckkärl. Från gallerian kikade vi sedan ner i kontrollrummet (som likt så mycket annat i den här anläggningen är gemensamt för båda reaktorblocken) för att avslutningsvis promenera runt reaktorbyggnaden och förbi nödströmsaggregaten som i detta fall är fyra jetmotorer från Rolls-Royce. En mycket sevärd tur, intressant design, nyfikna frågor och engagerade värdar.

### EPR (European Pressurized Reactor) i Hinkley Point C

Intill de nedstängda reaktorerna Hinkley Point A och B finns Hinkley Point C – Europas för tillfället största byggarbetsplats där EDF uppför två stycken EPR om 1.600 MW vardera. När första spadensattes i marken 2017 var det planerat att upp till 5.600 personer skulle arbeta med nybyggnationen. Bland annat covid-19 och brexit orsakade förseningar som man försöker ta igen med fler arbetare på plats. Idag arbetar här 12.000 personer vilket har stor påverkan på det lokala samhället.

Intresset för bygget är stort och för att informera allmänheten finns ett litet besökscenter i Cannington Court (Figur 3). Ovanför utställningen tornar en tavla som visar landets elproduktion som just då bestod av ungefär 30% gas, 20% vind, 16% import, 13% kärnkraft. Bara en vecka innan vårt besök [hade Storbritanniens sista kolkraftverk stängts](#) vilket så klart var en stor nyhet i industriella revolutionen vagg.

Utöver besökscentret erbjuds även dagliga bussturerna runt Hinkley Point C. Med tanke på mullret är det förstäeligt att vi inte fick chans att träffa några ingenjörer på plats, utan bara bokades in på just en sådan busstur. Men vi fick ändå lite extra utöver ordinarie busstur: För vår skull gjordes en extrasväng upp till utsiktplattformen (Figur 4), detta var även enda stället på touren där det var tillåtet att ta foton, och guiden var tillgänglig för våra frågor även efter att turen avslutats.



Figur 3. Besökscentret i Cannington Court



Figur 4. Utsiktsplattform vid Hinkley Point C

## Rolls-Royce SMR-satsning och AMRC Factory 2050 i Sheffield

Efter en cirka 2 timmars färd på engelska motorvägar i sedvanligt brittiskt regn från vår inkvartering i Birmingham anlände vi till Advanced Manufacturing Research Center (AMRC) Factory 2050 i Sheffield. AMRC är ett kluster inom forskning om framtidens produktionsteknik som drivs av Universitetet i Sheffield och där Rolls-Royce har valt att förlägga sin utveckling av deras SMR-satsning. Vår värd Alan Pardoe möter upp oss i receptionen och hälsar oss välkomna.

Att vi har ett späckat schema framför oss blir vi varse om då presentationerna drar i gång i ett rasande tempo. Vi får presentationer generellt om AMRC, Rolls Royce SMR koncept, hur de planerar fabriken ska se ut där den ska byggas, och hur planen ser ut framåt för deras koncept. En intressant detalj om lokaliseringen av Factory 2050 var att de medvetet hade lagt det i ett område som var förknippat med nedskärningarna av stålindustrin och gruvdriften som drabbat Sheffield hårt för att på sätt vända det till något positivt och skapa framåtanda för området.

Rolls Royce är för många kanske synonymt med lyxbilar och flygmotorer, men det har faktiskt över 60 år erfarenhet av kärnkraft då de sedan 60-talet har byggt brittiska flottans atomubåtar. Denna del fick vi tyvärr inte se utan fokus var på deras SMR-satsning, vilken även den är spännande. Alan nämnde att deras mål var att ändra tankesättet kring kärnkraftverk, att det ska ses som en produkt och inte ett projekt, då målet är att de ska kunna serietillverkas i fabrik.



Figur 5. Rolls-Royce försöksmodul med värdarna Sam Gledhill och Matthew McCormack

Det som urskiljer Rolls Royce SMR-satsning är inte någon revolutionerande reaktorteknik utan att de har ett genomtänkt koncept hur kärnkraftverket ska kunna serietillverkas i fabriker och i stor sett monteras ihop på plats. Fokus har verkligen lagts

på "M" i SMR då de tänker att kärnkraftverken ska byggas upp av olika standardiserade moduler, totalt ca. 1 500, som ska byggas färdiga i fabrik, testas och sedan fraktas till byggplatsen där de monteras ihop. Alla moduler ska vara i storlek så att de kan transporteras på vanlig väg utan speciella avstängningar. Stort fokus från Rolls-Royce var att få alla komponenter, tillverkningssteg och arbetssätt så standardiserat som möjligt.

I Figur 5 visas en prototypmodul som fanns på deras försökshall Experi. Vi lyckades inte få med vår värd Alan på fotot, men två andra av de som visade oss runt. Det var intressant att få se en modul i verklig storlek och få en känsla av de 1 500 modulerna. Alan berättade att under vintern ska de börja bygga ihop flera moduler och då börjar man verkligen få en känsla av skalan. I sann säkerhetsanda noterade vi att de var noga med ordning och reda för att undvika tillbud.

Då vi av Gavin Bell får oss presenterat hur de tänker sig att deras fabrik där modulerna ska byggas framgår det tydligt att de har tänkt igenom hur tillverkningen ska ske så arbetsäkert som möjligt och att kvalitén säkerställs då varje del testas noggrant innan den lämnar fabriken. Han framför att då så mycket som möjligt kan tillverkas i en kontrollerad miljö på en fabrik, säkerställs god arbetsmiljö, jämn kvalitet och leveranssäkerhet eftersom påverkan från väder och omgivning på byggarbetsplatsen minimeras.



Figur 6. Rolls-Royce VR-demo av en deras moduler

Det var intressant hur de hade tänkt på arbetsmiljön i det färdiga kärnkraftverket redan vid designen av de olika modulerna, genom att t.ex. göra att det finns tillräckligt utrymme för att utföra service av olika system. Det var även något de kunde få en visuell känsla av i deras VR-demo vilken vi fick testa på eftermiddagen (se Figur 6). Skalan på modellen



var verkligen verklighetstrogen och den var även interaktiv då man kunde greppa och ta loss olika delar.

Rolls Royce SMR är tryckvattenreaktor med en effekt på 470 MWel. De som presenterade var öppna med att själva reaktorn inte var det nya med deras koncept utan den skulle baseras så mycket som möjligt på existerande standardiserad teknik. Reaktor kommer inte heller vara en del av deras modultänk utan byggas på plats. Storleken har dock valts med omsorg, reaktortanken är största möjliga som fortfarande kan transporteras på vanlig väg.

Då Rolls-Royce hittills inte har fokuserat på delen med reaktorn, utan har tänkt använda en så standardiserad tryckvattenreaktor som möjligt var det inte så stort fokus på reaktorsäkerhet och strålskydd som vi inom kärnteknikbranschen brukar ha mycket fokus på. Utan ett större fokus var på arbetssäkerhet och produktionssäkerhet, vilket är andra intressanta synvinklar på ämnet säkerhet.

Sist under dagen fick vi en guidning av AMRC:s försökshall Mark 1 där flera innovativa sätt att föra in gammal produktionsteknik in i digital tillverkning, samt användning av nya tekniker som AI och additiv tillverkning visades engagerat av Dr Harry Burroughs.

Alla vi träffade var typiskt brittiskt gentlemannamässiga och mycket trevliga så besöket var mycket lyckat. Även intressant att få veta mer om en av de SMR-koncept som är närmast byggnation med långt gångna planer från både Storbritannien och Tjeckien. Rolls-Royce är även en av de två SMR alternativ som Vattenfall har valt att gå vidare med för eventuell nybyggnation i Sverige.

### Birmingham Science museum

Som en avslutning sista dagen innan flyget bar oss hem igen besökte vi Birmingham Science museum. England i allmänhet och Birmingham i synnerhet är industrialiseringen vagga.

På Birmingham Science museum finns världens äldsta, fortfarande fungerande ångmaskin, the Smethwick Engine (Figur 7). Ångmaskinen tog i drift 1779 och förblev aktiv i över 100 år tills den 1892 byttes ut mot en ny. Ångmaskinen agerade pump till Birminghams vidsträckta kanalsystem för att pumpa tillbaka vattnet som förlorades när båtar slussades uppåt i kanalsystemet. Tack vare ångmaskinen ökades kapaciteten i slussarna mångfaldigt.

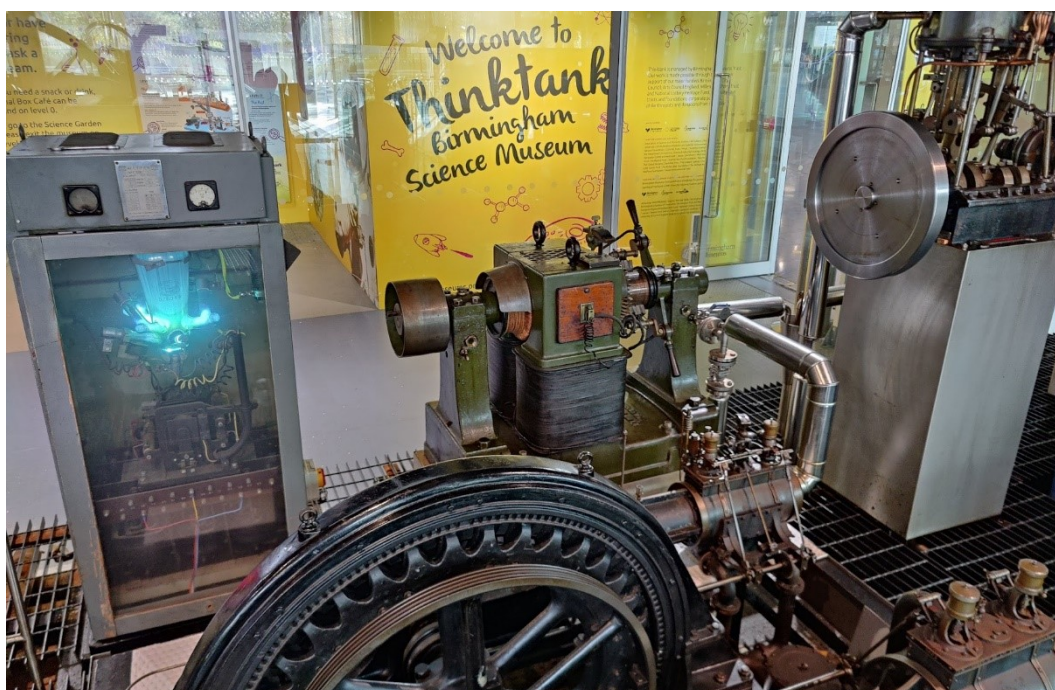
Ångmaskinen var av en för tiden ny typ, konstruerad av James Watt. Den stora fördelen, en extern kondensor kan tyckas trivialt idag, men var revolutionerande för tiden. Då temat för gruppen är säkerhet funderade vi så klart i hur denna ångmaskin kunde köras säkert. Faktum är att den enbart jobbar strax över atmosfärstryck, det är "vacuumet" som gör det mesta av jobbet – helt enligt James Watts design då han var väl medveten om hur farligt ånga vid höga tryck kunde vara.



Personalen på museet blev förbryllad över frågan om verkningsgrad och kunde inte svara. Tack och lov fanns i fickan chatGPT med som svarade att verkningsgraden var hissnande på 2-3% mot föregångarens, Newcomen engine:s ca 0,5-1%.



Figur 7. Smethwick Engine på Science museum



Figur 8. Likriktare med lysande kvicksilver

På museets bottenvåning fanns en rad ångmaskiner och ett ånglok från allt mellan 1700-talet fram till tidigt 1900-tal. De flesta ångmaskinerna kunde förses med ånga



(observera de skinande isolerande ångledningarna) från byggnadens centrala ångpanna och köras. Inte minst fanns ett flertal tidiga generatorer, vilka på sin tid så klart drevs av ångmaskiner. I ett exempel fanns en likriktare med var funktion bars upp av en stor vacuumflaska med lysande kvicksilver i gasform (Figur 8).

## Lärdomar och insikter

### AGR i Hinkley Point B

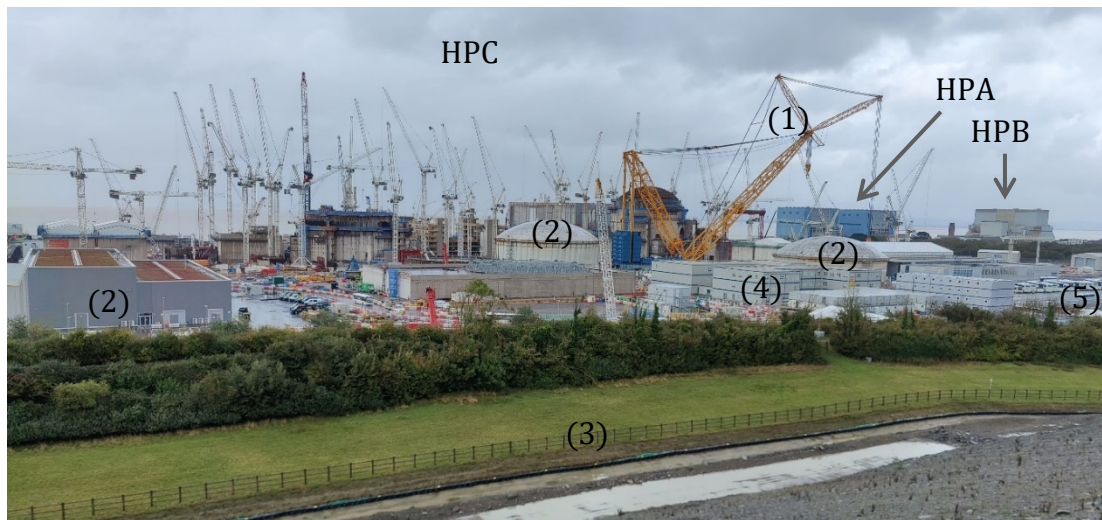
- Anläggningen var byggd för 25 års drift. Mycket stolt ser man därför tillbaka på 46 år av drift med bara ett fåtal trippar. Begränsande för livstiden är sprickbildningen i grafitmoderatoren och värmeväxlarna inuti reaktortanken.
- Reaktortanken är mycket stor och omsluts i princip helt av tjock betong. Trots den stora volymen finns väldigt lite plats i tanken då den utöver härden också inrymmer fläktarna som liksom masserar runt den tydligen rätt tröga koldioxiden samt 12 värmeväxlare. Vid avställningar kunde en dykare skickas ner i den strålande reaktortankens trånga mörker!
- På frågan om incidenter eller allvarliga händelser kunde våra värddar inte dra sig någonting till minnet relaterat till reaktorsäkerheten. Det allvarligaste som verkar inträffat var en arbetsolycka där någon skadats allvarligt i ett fall från hög höjd.
- I kontrollrum fanns, till skillnad från svenska verk, ingen turbinoperatör då kopplingen mot sekundärsidan i dessa gaskylda reaktorer är mycket svagare. Själv-cirkulation ska kunna hålla igång kylningen.
- Fysisk separation kändes mest som ett koncept. Inte att konstigt då att brand nämndes som en stor potentiell risk.
- Reaktorerna 1 och 2 (som tillhör Hinkley Point A) har redan tömts på bränsle och därmed övergått från EDF till Nuclear Decommissioning Authority som ansvarar för avvecklingen. På Hinkley Point B (som ännu är under EDF:s ansvar) reaktor 4 bränslefri och reaktor 3 töms i den takt som Sellafield kan ta emot det gamla bränslet.
- På flertalet ställen utanför reaktorn fanns CO<sub>2</sub>-detektorer för att upptäcka ett eventuellt läckage från reaktorn. Hur bra det skulle fungera i praktiken kan man ifrågasätta då CO<sub>2</sub> ändå är en relativt vanligt förekommande gas i atmosfären.
- Hinkley Point B har rekordet i mest genererad el av alla kärnkraftverk i Storbritannien (300 TWh).
- När bränslet flyttas bort ska turbinbyggnaden rivas och reaktorhallarna täckas över med ett tak likt Tjernobyl. Först om 70 år ska reaktorn rivas. Då har visst strålningsnivåerna sjunkit, men kanske även kompetensen och kunskapen om dessa alldeles britiska AGR-reaktorer?

### EPR i Hinkley Point C

Fun facts om Hinkley Point C från bussturen och mingel i Bristol:

- Stora komponenter skeppas från Frankrike till Bristol och sedan på mindre båtar till den lilla hamnen i Combe. Transporterna är bara möjliga några dagar i månaden när tidvattnet är som högst. Sista cirka 6km av resan är på bilväg.
- "Big Carl" är världens största kran (se 1 i Figur 9). Den kan lyfta upp till 5.000 ton, är 250m hög och förflyttas och vändas räls. Det finns ytterligare 150+ kranar runtom arbetsplatsen.

- Vid EPR-bygget i franska Flamenville ställde vädret till med en del problem. För Hinkley Point satsar man därför på förvaring och montering på plats i väderskyddade miljöer (bland annat i de stora kupolbyggnaderna, se 2 i Figur 9).
- 60.000 träd och buskar har planterats runt byggplatsen för att dämpa ljudet och ljusföroreningar som kan störa både natur och människa (arbete pågår 24/7/360, uppehåll under mellandagarna). En grön korridor skär igenom den platskrävande arbetsplatsen (se 3 i Figur 9).
- Allt regnvatten fångas upp för att vid torrt väder blöta vägar och binda damm.



Figur 9. Vy över Hinkely Point

- Det finns 4 betongblandare för 17 olika sorters betong.
- Hinkley Point C håller UK-rekord i den längsta kontinuerliga betonggjutningen (72 timmar för reaktorbyggnadens fundament).
- Det byggs två kylvattenintag som går 3km ut i havet och ett utlopp 2km ut. Hur fiskar och sälar ska hållas borta är fortfarande olöst.
- Det har byggts en 13m hög tsunamivägg som borde klarat 1600-talet stora våg.
- Det upplevs finnas en brist på brittiska ingenjörer och många som arbetar på eller med Hinkely Point C kommer från andra europeiska länder. Uppskattningsvis 1.000 fransmän jobbar här, många rumäner, med flera.
- 12.000 arbetare har stor påverkan på lokala samhället, bostäder, matförsörjning, utbildning, infrastruktur, investering, konsumtion, mm. För att inte överbelasta den offentliga sjukvården finns sjuksköterskor och läkare på plats (4 i Figur 9).
- För att undvika trafikcollaps ska man inte komma med egen bil. Det går 160 bussar i shutteltrafik (5 i Figur 9).

### Rolls-Royce och AMRC Factory 2050

- Det som kallas Small Modular Reactors nu har egentligen en effekt i storleksordningen som den första generationens reaktorer (Hinkley Point A hade 470 MWel precis som Rolls Royce SMR). Så egentligen är de inte så små.
- När vi skulle ta på oss stålhettskor blev vi bekanta med de brittiska skorstorlekarna, som är väldigt lika de amerikanska men inte desamma. Vår värd



Alan förklarade då varför brittiska och amerikanska enheter kunde skilja åt. Han gav exemplet med gallonen "gallon" som alla vet är ca 4,5l i Storbritannien men bara 3,7l i USA. Anledningen då? Jo, under den tidiga handeln med USA importerades mycket varor från England, på vägen förskansade sig britterna och kvar i tunnorna var vanligtvis lite mindre, så där 3,7l. Amerikanerna förstod inte bättre utan antog att en gallon bara var 3,7l. Stackars kanadensarna, hur deras gallon bara blev strax över 1l förtäljde inte historien...

- Kontentan var att även om de inte vill erkänna det att de ville bli IKEA för kärnkraft, med transportvänliga paket som monteras ihop på plats hos kunden. Det gör att man som svensk kan känna viss stolthet om det blir en Rolls-Royce SMR som blir den första SMR som byggs.

### Birmingham Science museum

- Verkningsgraden var hopplöst dålig när de första ångmaskinerna kom. Än dock var de värda arbetet de producerade till förmån för hästar och människor.
- James Watt, designern till Smethwick Engine och många fler av samma typ, var redan då medveten om säkerhetsimplikationerna av ånga vid högt tryck. Han tillsåg därför att dessa ångmaskiner bara jobbade strax över atmosfärstryck. Egentligen var det främst omgivningen som tillförde arbetet genom att kondensorn skapade vakuum i cylindern som jobbade mot atmosfären.
- Redan på Watts tid designades primitiva regulatorer, "Centrifugal governor", som tillsåg att ångmaskinerna inte skenade genom att begränsa ångtillförseln baserat på rotationen. Två vikter snurrade med axeln och centrifugalkraften drog dem då utåt vilket genom länkarmar stängde ångpådraget.
- Det här med 80-års drift är egentligen inte så markvärdigt. Flertalet av ångmaskinerna som visades på museet hade varit i drift i väl över 100 år. Fascinerande nog in på 1950-1960-talet i vissa fall.
- Bor man i Birmingham är man en "Brummie", allt på museet hade recenserats med en "Brummie Factor" varav the Smethwick Engine fick 9/10 på denna skala.



## Finland

### Schema

När?	Var?	Vad?	Kontakt
25 nov	VTT	Tur i bergrummets forskningslabb och presentationer i centret för kraftkraftssäkerhet	<b>Jenna Jävenpää</b> , YG Finland/Research Scientist VTT
	Esbo	Middag med två företrädare från YG Finland	<b>Jenna Jävenpää</b> och <b>Markus Manninen</b> , Process Simulation at Fortum
26 nov	Loviisa NPP	Runda på anläggningen och diskussion med driftplanerare och PSA-expert i besökscentret	<b>Joel Ronimus</b> , Senior Training Specialist at Fortum
27 nov	Fortum huvudkontor	Simulator LO1/LO2  Presentation Steady Energy	<b>Markus Manninen</b> och <b>Roope Lipiäinen</b> , Design Engineer Nuclear Safety at Fortum <b>Lauri Muranen</b> , Head of Public Affairs at Steady Energy

### Syfte med resan

Som Sverige-resa valde vi att besöka Loviisa i Finland. Syftet och kopplingen till temat säkerhet är att studera hur säkerheten är uppbyggd på ett kraftverk av annan design än de vi har i Sverige (VVER-400). Även interfacet med en Rysk (Sovjet) producerat reaktordel med inneslutning (och säkerhetssystem) konstruerad av Westinghouse. Combon har fått smeknamnet "Eastinghouse". Högaktuellt är också hur de förhåller sig till att designen är av ryskt ursprung och hur det påverkar vidare drift av anläggningen med tanke på dagens säkerhetsläge.

I kombination med huvudresmålet passade vi på att besöka Fortums huvudkontor och forskningscentret VTT.

### Aktiviteterna

#### VTT

Vi besökte VTT:s underjordiska forskningshall i Esbo. Vi möttes upp och guidades av engagerade Jenna, Timo och Jussi som började med en liten introduktion om platsen: Anläggningen byggdes 40 meter under jord (se Figur 10) eftersom man på 80-talet tyckte att det inte längre fanns plats ovan jord. Anläggningen fungerar även som atombombsäkert skyddsrum för "5000 människor plus 200 forskare".

Sedan pratade vi mycket om flygplanstörningar och VTT:s forskning på området. I Sverige framhölls vindkraftverk ofta som ett hinder för försvarsmakten, men VTT tycker att vindsnurror kring kärnkraftverk faktiskt kan vara effektiva skydd. Sedan tittade vi också på experiment där föremål accelereras i trycksatt rör (20 bar tryck) och skjuts mot en vägg för att validera modeller kring flygplanstörning (se Figur 11).



Figur 10. Underjordiska ingången till forskningshallen tillsammans med Timo och Jenna



Figur 11. Deformerat "mjuk missil"

Därefter gick vi förbi olika experiment om materialforskning: materialutmattning, stress, renhet i materialet och kvantifiering och konsekvenser av materialfel och hur livslängden påverkas, olika tryckförhållande (lågt och högt) och miljöer (luft, saltvatten, syre/H<sub>2</sub>-halten i PWR-vattnet). Här kom vi tillbaka till flygplan och [Hawaii olyckan där taket slets av flygplanet på grund av utmattnig](#). Det nämndes även att VTT-resultaten



tyder på att OL3-tanken inte klarar av 60 års drift, samtidigt har man några decennier kvar till forskning, så vi får se.

Efter forskningshallen promenerade vi till VTT:s center för kärnsäkerhet där vi möttes av Anna Korpinen och Jaakko Leppänen. Här fick vi lyssna till presentationer om finska forskningsprogram finansierade av finska motsvarigheten till kärnavfallsfonden. Forskningen som pågått sedan 90-talet har under 2023 samlats under ett program (SAFER 2028) som försöker bygga broar över hela branschen. Som intressanta frågor just nu noterades "sociala licenser" till verksamheten och hållbarhet ur råvaruperspektiv.

Jaakko pratade om LDR-50. År 2020 började man på VTT damma av ASEA Atoms gamla projekt SECURE/ PIUS vilket idag drivs vidare inom spinn-off Steady Energy (se även [nedan](#)). Man siktar här på nischen fjärrvärme eftersom det är färre hållbara alternativ inom det området än för elproduktion. Fjärrvärme kräver stor energi totalt men fördelat på många små nät (160 tal i Finland, ett tusental över hela Europa). Alla befintliga kärnkraftsdesigner som inkluderar utkoppling av värme är dock för stora för de flesta kommunala näten. LDR-50 är lagom stor och eftersom den endast generar värme så kan den konstrueras enklare: tryckare, självcirkulation vid 150°C, värmeväxlare i tanken, dubbelmantlat med vatten i nedre delen av höljet och alltihop nedsänkt i vattenbassäng. Vid förlust av värmesänkan kokar vattnet i yttre tanken men ångan kondenseras i toppen och temperaturökningen i bassängen är mycket långsam (20°C på en vecka), vilket ger tid för yttre åtgärder. Vid ATWS är neutroniken självreglerande: dör, sjunker, liten återkriticitet och sedan konstant på låg nivå.

### Loviisa NPP

Loviisa innehar två VVER-reaktorer à 507 MW elektriskt vardera och har varit i kommersiell drift sedan 1977/1981. De konstruerades för 30 års drift, men fick 2023 tillstånd att drivas till 2050! År 2021 var tillgängligheten 92,9% vilket slår oss i Sverige på fingrarna. En vecka innan vårt besök hade dock ena anläggningen för ovanlighetens skull drabbats av ett snabbstopp och var ännu inte återfasad. Detta kunde vi fördjupa oss mer i dagen efter i simulatorn (se efterföljande avsnitt).

Vi fick först en rundtur utomhus och fick se deras egen räddningstjänst, samt den tilltänkta platsen för en tredje reaktor. Beslut om bygge har inte tagits än och endast en skylt berättar om den tilltänkta reaktorbyggnaden. Vi fick veta att mycket säkerhetsarbete har gjorts gällande skydd mot jordbävningar och tsunami/höjda vattennivåer. Därutöver finns här även slutförvar för låg- och mellanaktivt avfall och simulator och träningscenter.

Efter det så blev vi guidade in i huvudbyggnaden och efter lite letande så hittade vi rätt dörr in till turbinhallen. Det var varmt och bullrigt och luktade ånga så som man kan förvänta sig i en turbinhall, det fanns många spår av sovjeteran med CCCP märkning på ventiler och andra komponenter. Varje reaktor har två turbinstråk med var sin HT-, två LT-turbiner och en generator. Axlarna har till skillnad från den vanliga VVER-designen

vinklats mot reaktorn för att undvikas att RI skadas ifall den skulle flyga iväg. Kompromissen är då att CKR är mer utsatt för andra risker. Turbinbyggnaden är gemensam för både LO1 och LO2.

I huvudbyggnaden fastnade vi länge framför ett kollage över de första revisionerna, det var spännande att se den tiden och frånvaro av skyddsutrustning. Här skymtade även bilder på de mer exotiska komponenterna så som iskondensorn.



Figur 12. Utanför Loviisa kärnkraftverk

Efter en god lasagne till lunch med finsk lakritsgrädde till efterrätt och en gruppbild utanför anläggningen (se Figur 12) for vi till besökscentret i Loviisa stad där vi möttes av en underhållsplanerare (som började som snickare) och en PSA-expert (som tidigare jobbat på Olkiloto). Vi fick tid att se en rad intressanta filmer från olika perioder i den finska kärnkraftshistorian och ställa frågor, högt och lågt!

De hade varit vänliga nog att ställa in besökscentrumet på svenska för oss, det är trots allt ett officiellt nationellt språk i Finland. Besökscentret var snyggt utformat och de interaktiva utställningarna och styrdes genom en grå boll kallad neutroner. Det fanns även ett VR-headset som lät en ta en tur genom reaktorhallen som man vanligtvis inte får komma in i som besökare. De tog regelbundet skolor till besökscentret och på somrarna var det även öppet för allmänheten, vilket är en bra kanal att sprida kunskap om kärnkraft och att det är säkert.

Då vi hade en PSA-expert närvarande var vi nyfikna på vart de största riskerna fanns, vi fick svaret att enligt dagens PSA är det jordbävning, men analysen utgår ifrån underlag för seismiskt aktiva zoner som har behövts anpassas mycket innan det tillämpats för Loviisa. När Fukushima inträffade var man redan på gång att höja säkerheten mot högt



vatten från Östersjön. Placeringen halvvägs in i den smala Finska viken är dock rätt gynnsam och tsunamin kan inte bli särskilt höga.

Vi frågade också om de haft något tillbud av allvarigare slag och fick till svar att den allvarligaste händelsen de haft var ett brott på en ångledning för 30 år sedan. Händelsen klassades som en INES 2 händelse.

Det var intressant att höra på underhållsplaneraren som hade varit på Loviisa länge hur säkerhetskulturen har ändrat genom åren. Med vad som var helt normalt förr som man inte skulle tänka sig nu för tiden.

#### Loviisas simulator (Fortums huvudkontor)

På Fortums huvudkontor fick vi en introduktion till LO1/L02 simulatören. Det finns fullskalesimulator på siten men denna var för tillfället under uppgradering och renovering, vi fick istället se den andra simulatören belägen i huvudkontoret i Esbo (se Figur 13). Simulatören används både i syfte att träna operatörerna och för övervakning vid faktiska händelser. Simulatören är dessutom ett viktigt stöd i den pågående utvecklingen och moderniseringen av anläggningen.



Figur 13. Med Roope Lipiäinen (t.h.) utanför Fortums huvudkontor

I dag har kontrollrummen många gamla och åldrande komponenter som behöver ersättas med nya lösningar. Operatörernas tydliga önskemål är att undvika allt för stora ändringar av layout. Detta för att minimera utbildning och missförstånd för kontrollrumspersonal som på det stora hela verkar nöjda med den ursprungliga designen.

Vi fick se hur simulatören agerar när till exempel kontrollstavarna manövreras vilket vi fick leka med själva. Anläggningssvaret när en av matarvattenpumparna slutar fungera,



sedan två. Vi gick igenom ett scenario man precis hade i anläggningen och som var anledningen till att ett av blocken sedan ett par dagar var nere: I samband med ett periodiskt prov skulle man från kontrollrummet stänga av en ventil men felaktigt stängdes en annan ventil. När man insåg misstaget så gick ventilen inte öppna igen, hade donet fastnat på grund av kretskortfel. Detta ledde till ett manuellt utlöst snabbstopp på anläggningen.

### Steady Energy

Efter simulatoren så fick vi en presentation av Steady Energy. De har ett SMR koncept som bygger på att endast producera värme, i första hand till fjärrvärme, men potentiellt även till industrin i form av ånga. Deras små reaktorer genererar värme vid låga temperaturer/tryck och delar sedan ut värmen till kunder vi fjärrvärmenäten som så ofta finns i många länder.

Tanken är att dessa enheter placeras under jorden, med flera samplacerade i samma skyddsrum. Reaktorn placeras sedan i en pool som agerar värmesänka ifall den externa kylningen skulle fallera. Reaktorn har endast passiva säkerhetssystem där nödkylningen av reaktorn ombesörjs av ett extra tryckkärl runt själva reaktorn delvis fyllt med vatten. När ordinarie kylning försvinner kokar vattnet i det sekundära tryckkärlet och frigör ånga som i sin tur kondenserar mot tryckkärlets inre stålyta som på andra sidan står i direkt kontakt med reaktorbasängen. Inte ens när styrtavarna fastnat och snabbstopp uteblir behövs något manuellt ingrepp förens efter lång tid, reaktorn fortsätter då att tuffa på fast på en lägre effekt, den fortsätter alltså vara kritisk.

Genom att endast fokusera på värme slipper man bygga turbiner med all komplexitet det innebär. I och med de lägre trycken och temperaturerna så minskar även kraven på övriga säkerhetssystem som i större mån kan göras passiva. Bränslecykeln är runt 2 år.

Deras huvudsakliga marknadsföring är i länder som har ett stort antal värmedistributionsnät och som i dag förlitar sig på fossila bränslen för att uppfylla dessa behov. De har lite regulatoriska hinder att överkomma för att kostnaderna inte skall bli för höga och kunna konkurrera med andra bränslesorter. De berättade att ett antal kommuner i Finland som intressenter.

## Lärdomar och insikter

### VTT

- Flygplan är mjuka och människor mjukare, därför benämndes flygplanskrascher in i en struktur på ett kärnkraftverk som en "mjuk missil". Kravet är inte nödvändigtvis att strukturen inte kan skadas utan att bränsle och annat brännbart förblir utanför för att undvika skador på komponenter inne i anläggningen.
- I Finland, likt England, spelar staten en stor roll, både som finansiär men även som kravställare, att forskning på området sker och att resultaten kommer landet och industrin till gagn. Det finns krav att relevant kompetens ska finnas i



Finland vilket forskningsprogrammen bidrar till. STUK varit i framkant att ställa krav kring flygplanstörningar, t.ex. att kerosinet ska brinna utanför RI.

- LDR-50 är i sin enkelhet och fokus på värmeproduktion ett mycket intressant koncept.
- Finland som ofta har sett sig som lillebror till Sverige är faktiskt före oss inom kärnkraft med påbörjat slutförvar och nybyggd kärnkraft. Även inom forskningen visar de framfötterna.
- Att ha ett så utvecklat och stort forskningsinstitut som VTT inom statlig kontroll kan vara mycket användbart för att gynna forskning och utveckling samt förbättra säkerheten inom de områden landet fokuserar på, t.ex. kärnkraft.

## Loviisa

- Loviisa är Finlands äldsta kärnkraftverk. I Finland tog man på 60/70-talet in anbud från flertalet västerländska reaktorleverantörer men stoppade senare den upphandlingen när Sovjet visade intresse att delta. Man väntade då in anbudet från Sovjet som man sedan kom att välja. Finland insåg dock snart att reaktorn inte mötte upp till deras säkerhetskrav på grund av avsaknaden av inneslutning och vissa andra säkerhetssystem, något som Sovjet menade inte behövdes då reaktordesignen var så säker till att börja med. Konstruktionen till Loviisa ändrades och reaktorerna kompletterades med reaktorinneslutning och andra säkerhetssystem från väst. Primärsystem, ånggeneratorer, sekundärsystem, turbiner och generatorer kom från öst, inneslutningen från amerikanska Westinghouse (VVER saknade egentligen RI) och kontroll och instrumentering från västtyska Siemens. Projektet fick därav smeknamnet Eastinghouse. Trots denna blandning verkar samspelet och konstruktionen fungerat smidigt.
- Reaktortypen VVER-440 var inte Finlands förstahandsval men för att hålla god förbindelse med det stora grannlandet föll valet på en sovjetisk reaktor. Det var alltså främst ett politiskt beslut att bygga en sovjetisk reaktor. Bygget startade 1971 för reaktor 1 och 1972 för reaktor 2. Till invigningen kom Sovjets ledning till Loviisa, men idag finns inget samarbete längre med Ryssland.
- Fortum brukade få bränsleleveranserna från Ryssland. I och med invasionskriget i Ukraina sedan 2022 upphörde samarbetet med Rosatom och Fortum sökte snabbt efter alternativa bränsleleveranser. Kontrakt skrevs med Westinghouse för licensiering och leverans av VVER-440-bränsle. [2024 laddades första Westinghouse VVER-440 bränsle i Lovisas reaktorer för validering](#). Dock ämnar Fortum att slutföra avtalet med Rosatom och har fortfarande ryskt bränsle i härden.
- Loviisa 1 & 2 har dubbla inneslutningar, en yttre av betong och en inre av stål. Inneslutningen kan kylas via spray både internt och externt. En av få anläggningar i världen (enda i Europa, en i Japan och ett par stycken i USA) med iskondensator där lösa isbitar med borerat vatten ligger i korgar utmed RI-väggarna vilket ger mycket effektiv kylning av RI vars volym minskar.



- Den felaktiga ventilstängningen förklarades med hänvisning till att aktionen i kontrollrummet involverade två olika kontrollpaneler varav den enas layout är lite rörig och den felaktigt valda ventilens beteckning skiljer sig endas på en av sju positioner.
- Som kuriosas kan nämnas att staden Loviisa är döpt efter den svenska drottningen Lovisa Ulrika.

### Steady Energy

- Många fokuserar på elektrifiering och fossilfri elproduktion. Men även i framtiden kommer värmeproduktion behövas och den domineras idag av ohållbara förbränningsprocesser. Här är en intressant nisch för kärnkraften.
- Intressant koncept som imponerar med sin enkelhet där tryck och temperatur är låga, endast ett fåtal system och aktiva komponenter krävs för produktionen och passiva säkerhetsfunktioner ger veckolånga rådrom.

## Sverige

---

### YG:s 30 årsjubileum

Under vårt år föll även YG:s 30 årsjubileum som firades med en fin galamiddag i Oskarshamn (se bild). Under dagens bjöds på presentationer och rundturer, bland annat Oskarshamn 3, Äspölaboratoriet (se bild) samt Nedmontering och rivning av Oskarshamn 1+2.



### Siemens i Finspång

När man ändå är ute och reser till mittenseminariet tänkte vi att vi lika gärna kan passa på och göra ett bonus studiebesök på vägen. Vi mellanlandade då i fina Finspång och stolta Siemens som har en gedigen besöksverksamhet. Lotta Flenhagen mötte upp oss uppe på backen och visade runt oss i verkstaden som en gång i tiden restes för att kunna bygga de stora och tunga ångturbinerna till de svenska kärnkraftverken. Idag byggs här mellanstora gasturbiner som typiskt används inom kraft/kraftvärme-produktionen och inom fossilindustrin för kompressionen i transmissionsledningarna. Vi pratade om serieproduktionen och att varje gasturbin ändå är unik. Om utmaningarna med att förbränna vätgas i en gasturbin eftersom den brinner mycket snabbare än naturgas. Om ledtider och olika kunders krav på en färdig och testad produkt. Och om den fula vägen i verkstaden som murades dit för att dämpa bullret under kärnkraftturbinernas produktion. De färdiga ångturbinerna fraktades med tåg. Det mesta av rälsen är idag borta, men banvallen är väl synlig.

Efter verkstaden begav vi oss ner mot skrivarlabbet. Tack vare några hängivna ingenjörer från Finspång har man här byggt upp en [modern 3D-skrivarverkstad](#). Med hjälp av den har reparationstider kunnat kortas ner från 1 år till en månad vilket man så klart är väldigt stolt över. Besöket avslutades med en öppen och utdragen diskussionsrunda tillsammans med fyra äldre herrar med långa karriärer i Finspång bakgrund kärnkrafttidens ångturbinverksamhet, över produktsäkerhet, tillförlitlighet till innovation. Vi tackar för ett mycket uppskattat besök.



## Inspiration

Vi har även kontaktat Saab i Linköping, men eftersom vi inte är kunder kunde de inte välkomna oss.

Vi tog färjan Stockholm till Helsingfors och hade blivit lovade en säkerhetstur ombord. När det väl var dags för resan ställdes dock säkerhetsturen in då ingen i besättningen hade tid att vara vår värd.

Inom gruppen har vi tyckt att det vore intressant andra företag och organisationer. Som inspiration till kommande YG kullar kan nämnas myndigheterna SSM, MSB (där även Nationellt cybersäkerhetscenter finns), SvK och Statens haverikommission – eller deras utländska motsvarigheter – samt företagen Ericsson och KSU.