



## Reseberättelse Europa

---

Omvärld, Young Generation 2023

# Kärnkraft i Schweiz – verken, bränslekaraktärisering och avfallshantering

Resan gick till ett soligt och varmt Schweiz augusti 2023 där vi spenderade fyra fullspäckade dagar. Med utgångspunkt i Baden besökte vi fem "besöksmål" kopplade till kärnkraftindustrin i Schweiz, dessa var: PSI Hotlab, Gösgens kärnkraftverk, ZWILAG, Benznaus kärnkraftverk och vattenkraftsstationen Linth-Limmern.

Text skriven av Erik Bergendal, Anton Olsson, Adam Sjöholm, Felicia Thune



## Deltagare

Namn	Företag
Erik Bergendal	SKB
Anton Olsson	Westinghouse
Adam Sjöholm	RAB AB
Felicia Thune	FKA AB

## Syfte med resan

---

Med temat ”omvärld” och med en europaresa att planera, behövde vi snarare avgränsa potentiella resmål än anstränga oss för att hitta något som skulle passa temat. Vår grupp hade en bred representation från branschen med deltagare Westinghouse, Forsmark, Ringhals och SKB – kompetens från vaggan till graven alltså. Det kändes då både naturligt och önskvärt att även få till en ordentlig bredd på vår resa med tillhörande besök. En möjlighet att göra just det var ett besök till Baden med omnejd i norra Schweiz, det är en region med flera kärnkraftverk, forskningsinstitut, industrier och även en kärnavfallsanläggning inom en dryg timmes bilfärd. Närheten mellan anläggningar här möjliggjorde alltså att få in fler studiebesök på samma dag. Kopplingen mellan Sverige och Schweiz är inte bara en internationell språklig förväxling, elproduktionen de två länderna emellan är även snarlig. Sveriges elproduktion 2020 fördelade sig mellan 29 procent kärnkraft, 45 procent vattenkraft, 17 procent vindkraft och 1 procent solkraft, med resterande 8 procent förbränningsbaserad produktion (kraftvärmeverk och inom industri).<sup>1</sup> Motsvarande fördelning var för Schweiz 36 procent kärnkraft, 54 procent vattenkraft, ca 5 procent solkraft, och resterande produktion en fördelning mellan förbränning av förnyelsebara och icke förnyelsebara råvaror.<sup>2</sup> Denna igenkännbara fördelning av kraftslag gjorde besöksmålet onekligen relevant – för en möjlighet att kanske även sätta fingret på pulsen för opinionsläget. Schweiz tillämpar en sorts direkt demokrati och 2017 röstade landet med 58% majoritet för att inga nya kärnkraftverk ska byggas. Även här kan paralleller dras mot svenska beslut och opinionen för kärnkraftens vara eller inte vara. En intressant aspekt med Schweiz och i synnerhet området runt Baden är den höga koncentrationen av kärntekniska anläggningar. Inom en timme från Baden finns 3 stycken kärnkraftverk, en forskningsanläggning med synkrotron, neutronkälla, protonaccelerator och hotlab (PSI) och även det schweiziska mellanlagret för radioaktivt avfall (ZWILAG).

---

<sup>1</sup> Energimyndigheten, Energiläget 2022 En översikt (<https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=208636>)

<sup>2</sup> <https://www.strom.ch/de/wissen/stromproduktion-stromkennzeichnung>, 2023-08-30



Onekligen att uppmärksamma i de likartade energifördelningarna är vattenkraften och där gör man i Schweiz en tydlig indelning mellan pumpkraft och strömkraftverk som har en ungefärligt lika fördelning – med liten övervikt för pumpkraften. Vi tog alltså möjligheten att se till att kunna besöka ett nyproducerad (2017) pumpkraftverk i de schweiziska bergen.

Efter besöket har vi fått just en ökad insyn i energibranschen i Schweiz som kan jämföras mot den bild vi har av den svenska. Vi har fått träffa personer som visat stort engagemang och velat dela med sig av sin kunskap på de olika siterna. Young generations främst mål är just att bredda och utveckla deltagarnas branschnätverk men också verka för erfarenhetsåterföring mellan generationer. Detta syfte anser vi har uppfyllts under vår resa till Schweiz.



## Paul Scherrer Institute 2023-08-17

---

Vårt första besök i Schweiz var Paul Scherrer Institute (PSI) där vi träffade Dr. Marco Streit som hade en fullspäckad agenda för oss. Direkt efter lunch vid ankomst fick vi en föreläsning på en och halv timme som enligt utsago vanligen brukar få ta någon dag. Med det sagt var mycket att se och lära och kort om tid.

Marco är sedan 2017 chef för Hotlab och har utöver det varit ordförande för Young Generation i Schweiz mellan 2007 och 2009. Dessutom har han varit styrelsemedlem i Swiss Nuclear Society (motsvarigheten till Sveriges Kärntekniska Sällskap) samt European Nuclear Society.

Därefter fick vi lära oss om Paul Scherrer: en fysiker som haft stor betydelse både för forskningen, men också framdriften av kärnkraft. Han var bland annat delaktig i grundandet av tre partikelacceleratorer, byggnationen av en forskningsreaktor tillsammans med Walter Boveri mm. Paul Scherrer samarbetade med USA under WWII och tros ha utbytt kunskap med amerikanska forskare vilket påskyndat den kärntekniska utvecklingen i Schweiz. Institutet fick namnet Paul Scherrer i samband med sammanslagningen av det schweiziska statliga institutet för forskning på reaktorer (EIR) och det schweiziska institutet för forskning av kärnkraft och är det största forskningsinstitutet i Schweiz.

Presentationen fortsatte med kärnkraftens historia i Schweiz och det kan vara värt att nämna att det har funnits två forskningsreaktorer på PSI, Saphir och Diorit. Vidare byggdes flera reaktorer för kommersiell drift där den första etappen var byggnationen av Beznau 1 och 2 (KKB) och Mühleberg (KKM) följt av etapp 2 då man byggde Gösgen (KKG) och Leibstadt (KKL). I samband med byggnationen av KWK inträffade olyckan i Tjernobyl 1986 vilket fick kraftiga demonstrationer till följd. Därmed stoppades byggnationen av KWK samt resterande planerade anläggningar inom etapp 3.

Verksamheten på Hotlab är det enda laboratoriet i Schweiz som tillåts hantera kommersiellt såväl som experimentellt kärnbränsle. Anläggningen byggdes mellan 1961 och 1963 och ca 32 personer sköter anläggningen medans ungefär 70–100 personer använder forskningsanläggningen regelbundet. Anläggningen består av 31 laboratorier typ A (högsta klassen), 6 hotcells och 12 bly- eller stålskyddade celler. Maxkapaciteten i hotcells är 20 bränslestavar, normalt hanteras runt 6 stavar samtidigt. Anläggningen har egna säkerhetsrutiner och ett eget räddningsteam. Hotlab besitter en stor mängd analysinstrument där t.ex. uttjänt bränsle först alltid provas med oförstörande metoder som laser profilometri och optisk mikroskopi. Därefter kan bränsleknippen sågas itu för vidare analyser som masspektrometri och FIB–SEM – instrumentation som har sina egna hotcells.

Efter presentationen följde en rundtur på Hotlab där vi fick möjligheten att se de olika laboratorier. Han berättade bland annat om de rigorösa säkerhetskraven och att kostnaden sköt i höjden på grund av att cellerna ska kunna motstå jordbävningar.



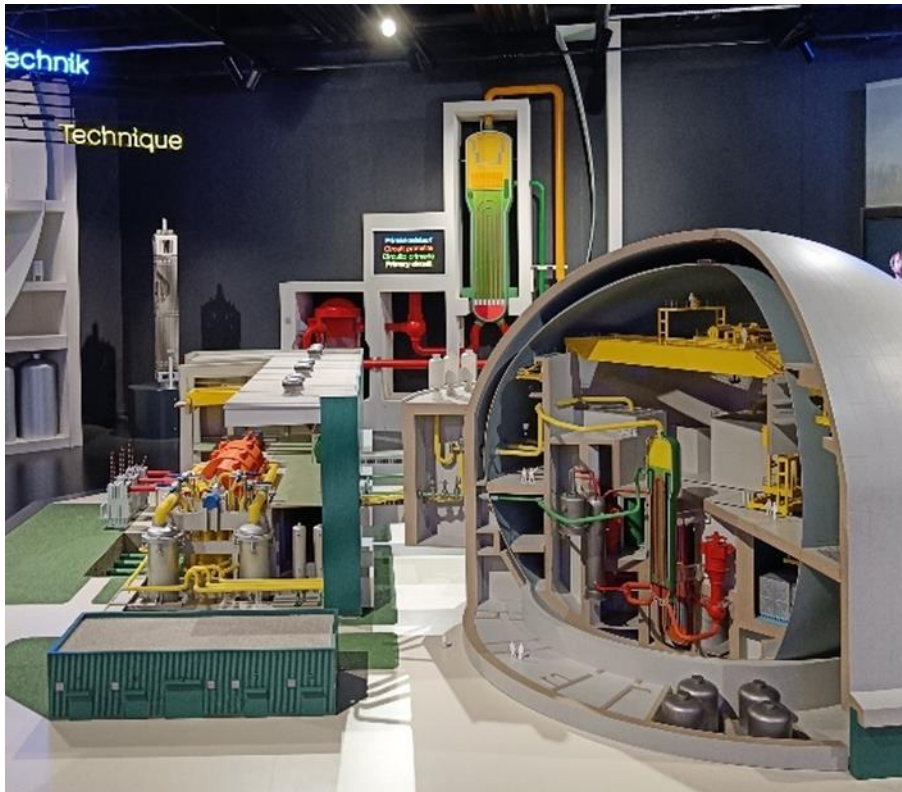
Figur 1: Hotcells på PCI

Under rundturen delade Marco med sig av sina egna lärdomar och erfarenheter. Bland annat utmaningen med ett generationsskifte där nyexaminerade började jobba hos myndigheten, t.ex. har man efter Fukushima ökat kraven på oberoende och därmed begränsas möjligheten till utbyte mellan myndigheter och tillståndshavare. Om man av tillståndshavaren kräver "best practice" kan det vara svårt för ett forskningsinstitut att finansiera en ombyggnation. Detta medför då utmaningar med en ny generation som inte har fått se anläggningarna. Krav kring "best practice" kan även leda till bristande säkerhet och robusthet inom ett system. Som ett exempel togs ett Hotlab med endast elektriskt styrda manipulatorarmar i en cell med endast kameraövervakning (alltså utan t.ex. blyfönster). Eftersom i ett sådant system riskerar att helt utestänga operatörer från att hantera av det aktiverade materialet. Marco påpekade vikten av att hålla ett öppet sinne, granska om det är din roll, men var öppen för nya lärdomar och idéer. Vidare påpekade Marco betydelsen av att kunna skifta mellan olika roller och utifrån den roll man besitter för dagen kunna anta en åsikt som kan hända strider mot den man uttryckte dagen innan i rollen av en befattning. Det här är självklart något som kräver en stor integritet och självbehärskning hos individen.

Efter besöket hos PSI begav vi oss till hotellet och vidare ut på stan där förberedelserna inför den festival som pågick – festivalen arrangeras vart femte år och detta år var det 100-årsjubileum.

## Gösgen KKG 2023-08-18

Besöket startade i informationscenter där en övergripande bild av anläggningen kunde skapas inför entré genom grindarna, det diskuterades även hur länderna skiljer sig åt konceptuellt i slutförvarsfrågan av använt kärnbränsle. I korthet kan skillnaderna sammanfattas i valet av marktyp och kapselmateriäl. Det svenska programmet nyttjar kristallin berggrund i form av granit och har en kapsel av gjutjärn med ett 5 cm kopparhölje. Det schweiziska programmet planerar ett djupförvar i en sedimentär berggrund (av eng: *Opalinus clay*) och har en kapsel i kolstål.



Figur 2: Modell av kärnkraftverket i Gösgen

Ursprungligen övervägdes det att byggas ett kolkraftverk på siten. Lokalbefolkningen tyckte dock att det skulle bli för mycket trafik med alla kolleveranser, så det fick bli ett kärnkraftverk istället! Anläggningen är en PWR (3-loop Siemens) med kommersiell start 1979 lokaliserad utmed floden Aare. Turbinsträngen består av en högtrycksturbin (HT-turbin) och tre lågtrycksturbiner (LT-turbiner), generator, matare och hjälpmatare. Högtrycksturbinen uppgraderades och effektiviserades 2005 och generatoren byttes 2013 och turbinsträngen levererar ca 1000 MW. En del av ångan nyttjas även till en kartongfabrik i bygden. Istället för att kyla ångan i huvudprocessen med vattnet från floden Aare använder man ett kyltorn, anledningen till detta är de krav på att inte värma upp floden samt för att möjliggöra fler anläggningar nedströms.

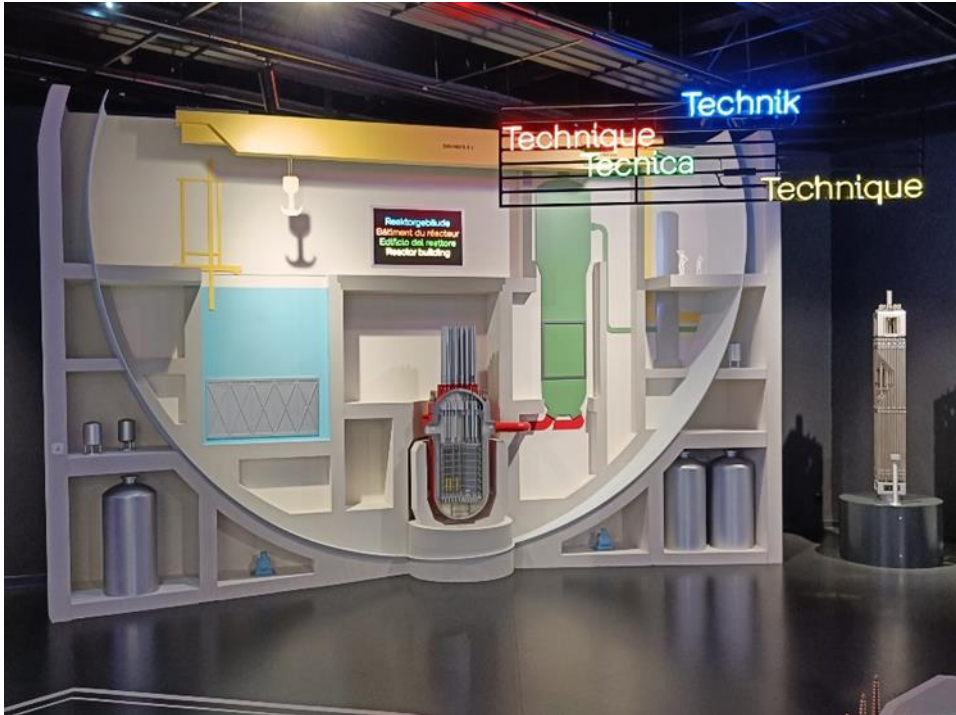


Yttre inmatningsvägar var via 220 kV och den så kallade "Europalinjen" 380 kV. En intressant och pragmatisk ingenjörslösning var att de hade en transformator för varje fas eftersom vägtunnlarna från tillverkare till Gösgen var för små. I lokalkraften återfanns fyra subar (separata säkerhetsfunktioner som var och en på ett säkert ska kunna ta ner anläggningen från full effekt) med varsin reservkraftsdiesel på 2,85 MW.

Innanför bevakat område var det rent och snyggt, åtskilliga gånger plockade våra guider upp småsaker från marken som någon förmodligen tappat. Under fem timmars rundvandring kunde vi enbart notera en (!) oljepöl, stor som en enkrona. För den oinitierade är detta alltså ett mycket högt betyg, och nu var ju vårt besök knappast IAEA som de städat extra för.

Inför besök på kontrollerat område togs vi till omklädningsrummet, där fick vi välja kläder, utbudet var högst begränsat men väldigt funktionellt. Kläderna fick samtliga att dra på smilbanden då vi fick strumpor, linne samt klassiska Y-front underkläder, något vi yngre deltagare ej var vana vid. Vår manliga guide menade att det var av denna anledning vi ej fick ta med våra mobiler. Gula för "små" storlekar, röda för stora.

Under besöket i inneslutning framhövdes fördelarna med att inneslutningens inre cirkel var något förskjuten, ett exempel är mer plats för utrustning. I inneslutningen kunde även förra driftsäsongens bränsle förvaras vilket känns som en fantastisk lösning då allt bränsle ej behöver transporteras genom en tub vid ur-/återladdning. Inneslutningen har inget sprinklersystem eftersom analyser visade att övertryckning av inneslutningen ej riskeras, och därmed förhindras risken för vätgasexplosion vid tryckminskning.



Figur 3: Gösgens reaktorinneslutning

Efter lunch fortsatte turen mot kontrollrummet, vi fick genom stora glasrutor iakttä en skiftavlämning mellan förmiddag och eftermiddagsskift. Anläggningen övervakas av sex skiftlag med liknande skiftschema som Ringhals och Forsmark, stora skillnaderna är att skiftperioden börjar med måndag förmiddag och att cykeln är sex veckor. Planen för bemanning är synbar för hela året genom en tavla där legobitar med olika kulörer och bokstäver är utplacerade. Under normal drift består teamet av två skiftingenjörer, två reaktoroperatörer samt fyra processoperatörer. Reaktoroperatörerna är utbildade även i turbinanläggningen. Det krävs minimum tre personer i kontrollrummet. De olika befattningarna som finns i kontrollrummet är:

- Pikettengineer (STA/VHI)
- Skiftchef – krävs en ingenjörsutbildning samt psykologiska tester för att avancera till denna befattning.
- Reaktoroperatör A – ingen skillnad mot reaktoroperatör B ur tillsynsmyndighetens perspektiv, denne har dock behörighet att hantera bränsle och möjligheten att avancera till skiftchef.
- Reaktoroperatör B – efter 3–4 år som anläggningsoperatör kan man avancera till reaktoroperatör.
- Anläggningsoperatör

Som kuriosa kan nämnas att Laura, vår guide, var en av tre kvinnliga operatörer i Schweiz och hon hade befattningen reaktoroperatör A men kommer att påbörja en utbildning för att bli skiftchef. Vidare berättade hon att det tills 2002 var förbjudet för kvinnor att jobba skift i Schweiz, åtminstone på kärnkraftverk.





Laura berättade att det finns tomma kanaler i reaktorhärden som kan användas för mätutrustning, en av mätteknikerna är att skjuta in en sträng med vanadinbaserade små klot och låta dessa bestrålas och därefter trycka ut dem med kvävgas. Från klotens olika aktivering i härdens höjdlid kan det lokala neutronflödet i densamma uppskattas. Man utreder om detta system skulle kunna användas för att bestråla andra material som skulle kunna nyttjas för att producera radioaktiva isotoper för medicinskt bruk.

Efter besöket vid kontrollrummet gick vi via turbinsträngen till kyltornet för att svalka oss från värmeböljan i Centraleuropa, där berättades det om uppbyggnad av tornet och hur en idé från Leibstadt (BWR norr om Gösgen) kunde möjliggöra ytterligare 5 MW kyleffekt. Det var en medarbetare som funderat kring tornets aerodynamik och man hade provat att montera strömlinjeformade utåtbuktande konstruktioner på betongen som annars utgjordes av rektangulära balkar.

Efter kylvattentornet fortsatte guidningen raskt vidare till vattenreningsanläggningen som liknar vad man kan återfinna på ett vattenreningsverk, det som behövdes var flockningsmedel för att binda kalksten och givetvis en avjoniseringsanläggning. Därefter fortsatte besöket vidare till anläggningens bunker som kan användas av olika anledningar: utrustning för spädmatning av ånggeneratorer samt borering av reaktorkylkretsen.

Vi fick också besöka deras simulator, alla instruktörer hade dock hunnit åka hem och efter en lång dag fick Paula slutligen trycka gasen i botten för att hämta sin dotter på förskolan och vi kunde andas ut efter en intensiv dag.

## ZWILAG 2023-08-19

---

ZWILAG är Schweiz mellanlager för använt kärnbränsle och ägs av avfallsproducenterna i proportionerlig storlek till producerad effekt. På siden finns även hantering och mellanlagring av låg- och mellanaktivt avfall producerat från forskning, industrier och sjukvården.

Samtliga kärnkraftverk behåller sitt bränsle on-site så länge det går eftersom det inte finns någon gemensam förvaringspool, därefter transporteras de i transportbehållare till ZWILAG och förvaras gemensamt och torrt i så kallade Castor-behållare i väntan på ompaketering och slutförvaring. Varje enskild Castor-behållare är klassad för att bland annat klara en direkt flygplanskrasch. Under besöket fick vi möjligheten att på avstånd och genom blyfönster se in i hallen där samtliga Castor-behållare stod. Detta torra mellanlager kyls av den naturliga konvektion som uppstår från resteffekten från det uttjänade kärnbränslet, vilket hjälper till att dra in luft utifrån.

Anläggningen kommer i framtiden ta emot avfall från Schweiz samtliga sex anläggningar när de är uttjänade. Då behöver inte bara processavfall tas om hand utan även trycktankar med mera. Redan nu dekontamineras metalldelar från anläggningarna



kemisk och genom blästring för att sedan kunna avklassificeras och säljas som vanligt metallskrot för återvinning.

ZWILAG har en toppmodern "plasmaanläggning" där låg- och medelaktivt avfall som paketerats på fat dumpas i ett kärl där det hettas upp till ca 20 000 °C. Det här görs tillsammans med en tillsats av glas för att förglasa (alt. vitrifiera) den bildade smältan som vid dessa temperaturer genomgår en termisk nedbrytning snarare än direkt förbränning. Det här tillåter hantering av såväl metaller, betong som organiskt material, tillsammans och samtidigt. (Innehållet i varje ingående fat är noga dokumenterat ner till grammet av avfallstyp, som t.ex metall, plasthandskar, bitumen osv.) När allt organiskt material brutits ner och smältan homogeniserats tillåts den stelna i en ny behållare. Det nu förglasade materialet är mycket svårslutligt vilket bidrar till att minska frisläppningen av radionuklider från kommande slutförvar. Att dessutom varje ingående tunna avfall drastiskt minskar i volym genom processen bidrar till att spara plats och pengar vid byggnationen av ett slutförvar. Vid vårt besök på ZWILAG var tyvärr inte plasmanläggningen i drift, men det medförde dock att vi fick chansen att besöka kontrollrummet där anläggningen drivs genom skiftarbete de veckor då den väl är igång.

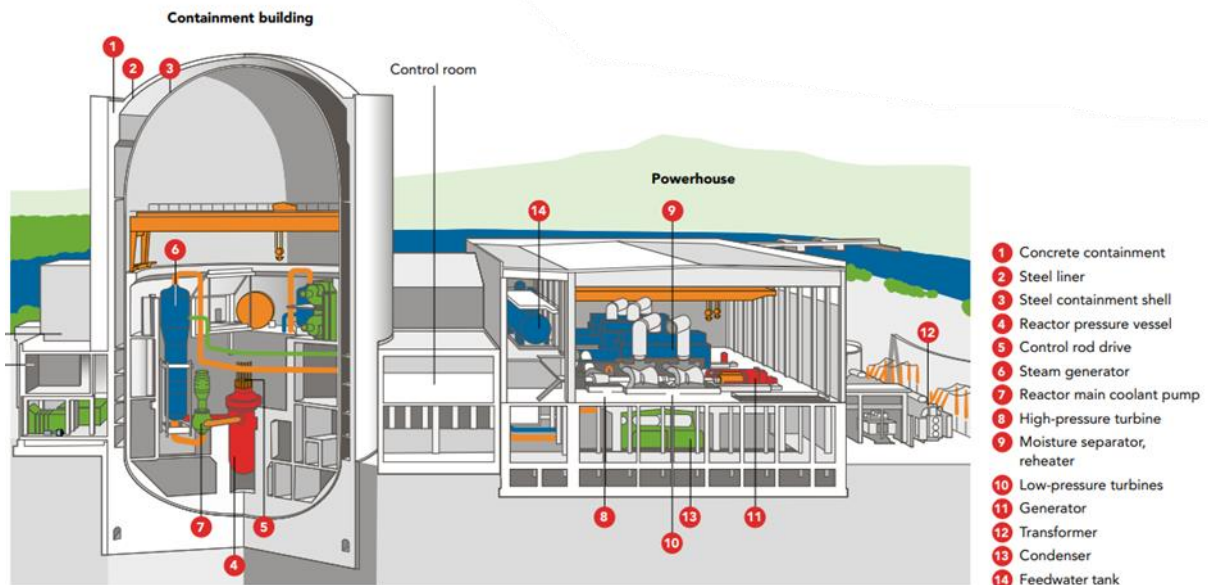
## Beznau KKB 2023-08-19

---

Beznau är den äldsta kommersiella anläggningen som fortfarande är i drift, anläggningen består av två PWR:er från Westinghouse som levererar 365 MW (el) vardera förutom el förser man även närområdet med fjärrvärme. Anläggningen är uppbyggd på en konstgjord ö och idrifttagningen gjordes 1969 efter en konstruktionstid på 48 månader, 2,5 år senare togs KKB 2 i drift som tog fyra år att bygga.

På Beznau arbetar ungefär 500 personer. Besökets värd var Raphael Hierli som visade oss anläggningens alla skrymslen och vrår, inga hemligheter, KKB 1 var dessutom avställt för 7 veckors revision vilket gjorde att närmre inspektion av turbinanläggningen.

Primärsystemet är uppbyggt på reaktortank med 121 bränsleelement två ånggeneratorer och två reaktor-cirkulationspumpar samt en tryckhållare. I primärkretsen är trycket 154 bar och 300 °C.



Figur 4: Översikt av Beznau 1 och 2, promär och sekundärkrets

Sekundärsystemet består av två turbinsträngar per anläggning som delar en stor turbinhall. Turbinsträngen består av HT-turbin och två stycken LT-turbiner. Värt att notera är att ångan expanderar i en riktning i högtrycksturbinen vilket medför en högre axiell kraft jämfört med om den tillåts expandera i båda riktningar. Resultatet blir därmed att man måste ha ett starkt axiallager för att hantera denna kraft vilket Raphael också påpekade. Denna utformning finns inte i de svenska kärnkraftverken. Som grädde på moset fick vi möjligheten att se en urplockad HT-turbin eftersom det var revision på en av blocken.

Efter HT-turbin tas avtappningsånga till fjärrvärmenätet, kondensorn kyls utan pumpar eftersom kylvattenintaget är beläget 7 meter högre än utsläppet och har före intaget passerat ett vattenkraftverk. Ett flöde på ca 11 m<sup>3</sup>/s /turbin erhålls som filtreras genom galler och totalt tre silmaskiner, varav en är i reserv. Raphael passade på att demonstrera silmaskinernas funktion genom manuell start och startmekanismen utgjordes av en flottör av det äldre slaget, vattnet var överlag rent och innehöll en del kalksten och löv under hösten. Kondensat- och matarvattensystemet består av två kondensatpumpar, lågtrycksförvärmare, matarvattentank, matarvattenpumpar och högtrycksförvärmare.



Figur 5: Kontrollrumsmiljön på Beznau

En av gruppdeltagarna hade ett privat möte planerat med verkets simulatoransvariga så därför gav vi oss raskt bort till simulatorträningen där vi träffade Mark samt skiftchef/revisionsledare Charlton Dachler. I kontrollrummet arbetar minimum 6 personer varav tre stycken är stationerade i kontrollrummet. Tre operatörer rondar anläggningen: en på kontrollerad sida, en på turbin och en på servicesystemen. Kontrollrumsmiljön skiljde sig avsevärt mot den på Gösgen eftersom den, liksom våra kontrollrum i Sverige, var grafiskt uppritad i tavlorna för att lätt kunna orientera sig. Dessutom var det gott om storbildsskärmar för att övervaka det som var intressant för stunden. Värt att notera var även att dessa ofta var trender för enskilda värden, vilket kan vara en fördel ur en MMI-aspekt (MMI: Man-Machine Interface).

2015 uppdaterades kontrollrumsmiljön och sedan tidigare använder de sig av Compro<sup>3</sup>. Deras haveriinstruktioner var uppbyggda som en blandning av Ringhals A-instruktioner och E-paket, men det fanns i en digital variant kopplad mot processen som kunde stötta operatörerna i sina beslut om hantering. Till exempel: Hade man erhållit "Stavar bottenläge" "Sjunkade neutronflöde" och öppna "Snabbstoppsbrytare" så lös vägen rakt ner i instruktionen grönt.

Trots tydliga instruktioner inför besöket om att inte röra någonting fick vi faktiskt trycka på snabbstopp i simulatorträningen. Under simulatorträningen kan förloppet givetvis vara mer utdraget och föranlett av flera mindre felindikationer innan själva snabbstoppet inträffar. Under ett sådant träningspass med operatörerna så är det främst de tre som är stationerade i kontrollrummet som får öva, ibland har de med en processoperatör för att skapa mer dynamik i övningen. Instruktören berättade att han

---

<sup>3</sup> <https://www.modernpowersystems.com/features/featurecomputerised-procedures-and-parallel-information-to-guide-the-operator>



t.ex. kan ge operatörer instruktioner som att missförstå eller inte höra instruktioner för att komplicera det ytterligare för operatörerna. Vi fick också möjligheten att se en simulator av reservövervakningsplatsen som låg intill den ordinarie simulatören.

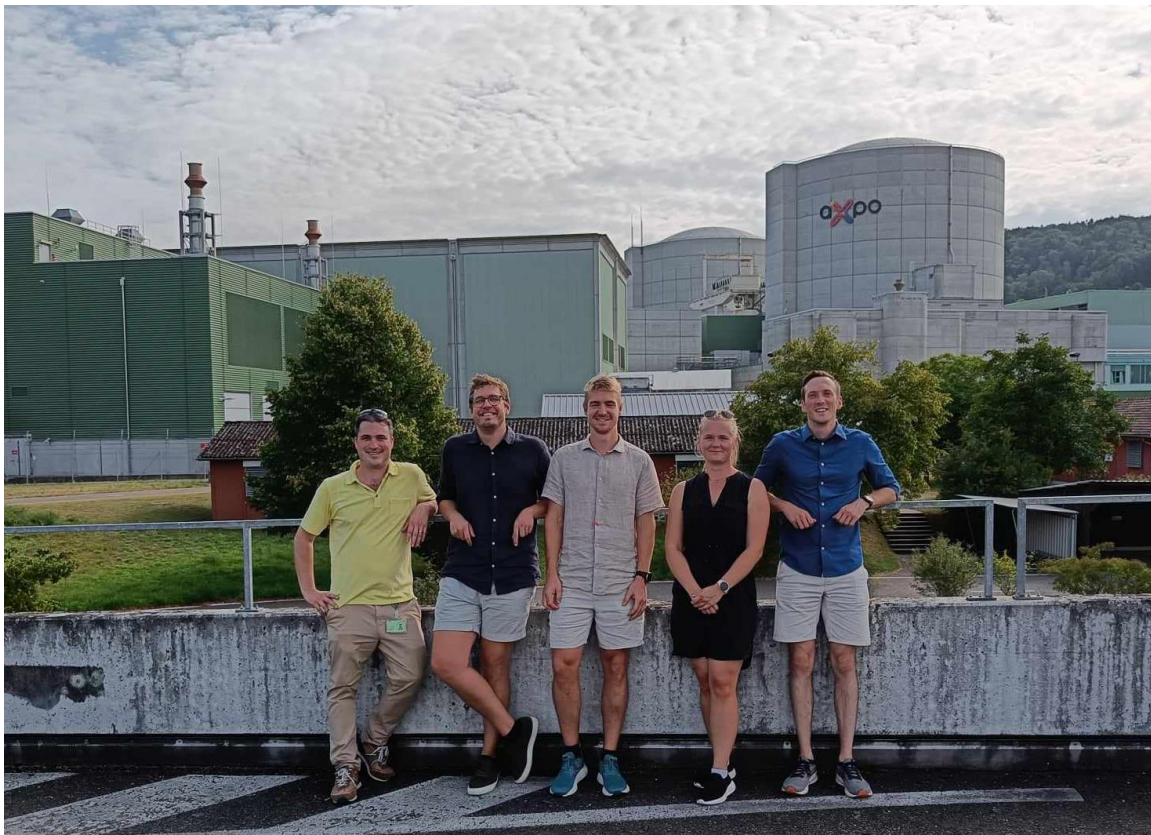
Efter simulatorvisningen hade en av deltagarna sin privata session med Mark och Charlton som tidigare träffat en instruktör på Ringhals under en WANO Peer Review 2022. Detta ledde till ett sidouppdrag att redovisa hur Ringhals arbetar med reaktivitetsberäkningar i Gardel samt de mötesprocedurer som nyttjas vid störd drift och haveriträning i simulator. De hade inga riktiga rutiner för att handskas med dessa områden och var nöjda med materialet de kunde ta med sig. Riktigt kul att eventuellt kunna hjälpa andra i branschen med erfarenhetsåterföring.

Därefter fortsatte vi vidare till en anläggning som kallas NANO som byggdes 1993, syftet med anläggningen är att kunna kontrollera anläggningen vid en händelse då ordinarie säkerhetssystem försvinner. Vid byggnationen köptes två nya dieselgeneratorer á 3,75 MW vardera. Kostnaden för den nya utrustningen var 500 Sch fr. vilket motsvarar ungefär ~5 miljarder SEK. Besöket vid en av dieslarna kantades av en entusiastisk anda där de vi stötte på gärna ville visa oss deras arbete och förklara vilka krav nya krav som ställs på driftklarhet från myndigheten tex nämndes en testkörning av dieselgenerator med inloppstemperatur på 40 °C med efterföljande kommentar: "It's not Saudi Arabia". Ett genomgående tema kanske om man minns det som Marco Streit på PSI påpekade.

Raphael visade oss ytterligare en byggnad med säkerhetssystem som används vid mycket allvarliga incidenter och då man tappar externt elnät. Bunkersystem skall klara stående vatten på 1,6 m samt en tsunami på 6 m (om alla dammar och kraftverk havererar uppströms kraftverket.) För att säkerställa vattentillgång till ånggeneratören långsiktigt förlitar man sig på grundvattnet, helt enkelt en djupborrad brunn och pumpar.

Gällande bortfall av elnät, lokalkraften har tidigare kunnat tillgodoräkna sig det intilliggande vattenkraftverket som reservkraft men pga tillkommande krav för seismisk säkrad utrustning valde man att klippa kablarna och det är nu ej möjligt att koppla in vid bortfall av yttre nät.

Anläggningen har historiskt god tillgänglighet men vår upplevelse var ändå att det märks att anläggningens fortsatta drifttid ej är klarställd samt att den varit i snart 55 år. Däremot stod KKB 1 stilla under 2,5 år när nya mätmetoder upptäckte inklusioner i reaktortanken, efter år av undersökningar där man tillslut kunde hänvisa avvikelser till en defekt från tillverkningen (snare än 55 års drift). Man kunde bevisa detta genom att tillverka en ny komponent med dåvarande metod och på så sätt kunde man fastslå att det inte påverkade tryckkärllets hållbarhet.



Figur 6: YG-gruppen vid Beznau kärnkraftverk tillsammans med guiden Raphael

## Linth–Limmern KKL 2023-08-20

Sista dagen gjordes ett besök på Linth–Limmerns vattenkraftsstation, detta besök var gemensamt med den andra YG-gruppen som åkt till Schweiz, Baden under samma datum.

Den guidade turen hölls av Maurus Herzog och Alfred som var pensionerade och hade egentligen ingen direkt koppling till vattenkraftsstationen. De började med att berätta om de olika stationerna som totalt har en kapacitet på 1,53 GW. Byggnationen av anläggningen påbörjades 1957 då byggdes dammarna Limmern, Mutt, Tierfield och Lintals kraftstation med total kapacitet på 340 MW. Anläggningen har därefter byggts ut och 2017 var den senaste kraftstationen färdigställd med fyra reversibla 250 MW Francisturbiner som totalt väger 480 ton vardera, man byggde också ut dammen Mutt som numera är 1 km lång. Som komplement har man också 2,2 MW solceller som nästan helt täcker den översta dammväggen vid reservoaren Muttese. Med fulla reservoarer kan turbinerna drivas i ca 33 timmar vid full effekt. Pumpkraftverket är främst avsett att leverera reglerkraft när efterfrågan på nätet är stor. Pumparna fyller reservoarerna när elpriset är lågt och efterfrågan liten, oftast nattetid och på helger. När efterfrågan på effekt från nätet stiger växlar verket om till produktion och levererar reglerkraft och nätstabiliserande egenskaper. Kraftverket kan slå om från stand-by till full effekt på ca

två minuter. Verkningsgraden är ca 90% vid både produktion och pumpning vilket ger en total verkningsgrad på ca 80% för pumpkraften.



Figur 7: Underhållshallen för kraftstationens fyra generatorer.

Rundturen fortsatte därefter in i berget och de berättade om olika tekniker för sprängning och borrhning som tillämpats under byggnadstiden. Resan upp till den senaste kraftstationen gjordes med kabeldragna vagnar längs en 4 km lång tunnel borrarad med tunnelborrmaskin med konstant lutning på 22 %, resan tog ca 8 minuter. Väl vid kraftstationen möttes vi av ett väldigt tydligt ljud från turbinerna (som då opererade som pumpar). Det visade sig att man har vibrationsproblem (vilket en av gruppens medlemmar tyckte var mycket intressant) och att man skulle byta ut turbinhjulet till en med flödesoptimerad design.

Visningen fortsatt därefter vidare till diverse maskinrum: kulventilerna som satt innan turbinerna, vajerpelet, samt turbinerna där vi fick se reservturbinhjulet. Därefter gick vi vidare till transformatorn och uttagsledarna.



## Lärdomar och insikter

---

Sammanfattningsvis så är vi imponerade över samarbetet och välviljan hos det schweiziska YG-nätverket. Vi har sen start fått stor hjälp av Raphael i planering av resan och med bokningar/kommunikation med anläggningarna. Den schweiziska kärnkraftsbranschen verkar väldigt sammansvetsad. Vi har mötts av god stämning och hjälpsamma människor vid varje plats vi besökt och alla verkar entusiastiska på att dela med sig av sitt arbetssätt och sina erfarenheter

Ett par tips till framtida YG-grupper är:

- Ha regelbundna möten inom gruppen – ni lär känna varandra bättre och underlättar planeringen av resorna.
- Leta efter YG-kontakter i landet ni tänkt besöka – de har också ett eget kontaktnät!