



Reseberättelse Europa

---

Avfall, Young Generation 2025

# Mellanlagring och slutförvar av radioaktivt avfall i Ungern

Utlandsresan gick till Ungern i september där vi besökte RHK:s mellanlager för använt kärnbränsle i Paks samt Paks 1 kärnkraftverk, och RHK:s slutförvar för låg- och medelaktivt avfall i Bataapáti.

Text skriven av Fredrick Fager och Ida Bergström.



## Deltagare

| Namn                  | Företag                     |
|-----------------------|-----------------------------|
| Ida Bergström         | Vattenfall (VPS)            |
| Fredrick Fager        | Svensk Kärnbränslehantering |
| Luis Gonzalez Fonseca | Westinghouse                |
| Filip Kristiansson    | OKG                         |

## Syfte med resan

---

Vi valde att resa till Ungern då det är ett mindre utforskat resmål för YG och där det på en relativt liten yta finns möjlighet för besök på både kärnkraftverk, mellanlager och slutförvar. Syftet för resan var att undersöka hur radioaktivt avfall hanteras i Ungern och att söka synergier med den svenska hanteringen. Specifikt var vi nyfikna på att jämföra deras mellanlager för använt kärnbränsle med Clab och deras slutförvar av låg- och medelaktivt avfall med SFR.

## Dag 1

---

Vi började vår resa med att mötas upp i Köpenhamn och flyga gemensamt till Budapest. Med hyrbil gav vi oss av mot Calosca som är en mindre ort till Paks där vi spenderade vår första natt.

## Dag 2

---

På plats i Paks togs vi emot av Kinga Wolf som arbetar på RHK:s kommunikationsavdelningen. Kinga tog hand om oss båda dagarna, både i Paks och Bataapáti. Vi hade inte kunnat få en bättre värdinna! Hennes engelska är också perfekt efter flera års arbete som engelskalärare.

Besöket på Paks var i två delar, förmiddagen med RHK på deras Mellanförvar av använt kärnbränsle och eftermiddagen på Paks kärnkraftverk (Paks 1). RHK i Ungern motsvarar SKB i Sverige, de kallas ibland för Puram på engelska.

### Mellanlagring

Besöket på Mellanförvaret inleddes med en kort introduktionsfilm som beskrev hur hanteringsprocesserna fungerar och varför Mellanförvaret finns på just denna plats,



samt RHK:s framtida planer för slutförvar. Efter det satte vi på oss skyddsutrustning och gå ut i anläggningen för att få se på allt från kontrollrum, mottagningshall och det faktiska förvaret av använt bränsle. Ungern använder ett mellanförvar i kategorin torrt förvar, de använder sig av en hängande gitterlösning som kyler med hjälp av naturligt luftdrag. Jämförelsevis använder SKB vatten som kylmedel i mellanförvaringsbassängen i Clab. Varje bränsleelement kommer från kärnkraftverket (KKV) i en bränsletransportbehållare (BTB) där de packas 30 element per gång. De transporteras på räls från KKV till Mellanförvaret med BTB:n i en välkyld och strålskyddad vagn. Väl framme lyfts BTB upp ur vagnen och ner i en vagga som kör in den i en arbetstunnel där först en lyfttapp monteras på locket och sedan lossas alla bultar som håller fast BTB:s lock. Efter det rullas ekipaget in och en lyftanordning lyfter av locket innan BTB:n kommer fram till sin lyft- och torkposition. Där plockas ett element upp i taget och torkas i en sluten kammare med hetluft i ca. 90 min för att sedan placeras i deponeringsmaskinen ovanför. När ett bränsleelement har torkats och placerats i deponeringsmaskinen så åker maskinen ut över gittret av positioner och placerar sig med millimeterprecision över det önskade deponeringsfacket. Själva facket där elementet deponeras i var en borerad ståltub som elementet sänks ner i och ett strålskyddslock placeras ned i tuben innan själva förslutningslocket sätts dit. Hela förslutningstuben fylls med kvävgas för att förhindra oönskad korrosion eller gasbildning. Gastrycket monitoreras i kluster om cirka 64-99 element. Därefter sätts det övre locket på manuellt av en montör. Det hela kyles av naturligt luft/konvektionsdrag, där principen är att luften kring bränslegittret hettas upp, luften stiger då och leds ut via luftschakt (tänk väldigt breda skorstenar) vilket i sin tur skapar ett undertryck som då drar in frisk luft via tilluftsluckorna. På detta sätt håller sig hela anläggningen kyld genom ett passivt system. Detta passiva system ger byggnaden dess karakteristiska utseende med hög och smal byggnad, se bild 1.

Själva lagerbyggnaden i sig byggs ut i moduler för att kunna ta emot mer bränsle från KKV. Med tiden har de hunnit byta gitteruppsättning (formen för hur bränsleelementen sätts ner i sina hål) från hexagonalt till kvadratisk och tillbaka till en effektivare kompaktare hexagonal lösning. De kan flytta omkring bränsle i hela lokalen för att sprida ut hetare bränsle och få en så jämn effektfördelning som möjligt i hela gittret. De berättade att på vintern kan man se vilka delar av förvaret som har hetare bränsle för då smälter snön på taken av frånluftsschakten på de som är hetare och stannar kvar på de som är svalare.

Sammanfattningsvis, de största skillnaderna mellan RHK och Clab:

- RHK har en ovan-markliggande byggnad med förvaring under torra förhållanden och använder ett passivt kylsystem m.h.a. konvektion.
- Clab har en underjordisk förvaringsbassäng under våta förhållanden där aktiv kylning tillämpas med vatten som kylmedel.



**Bild 1** RHK:s mellanförvar av använt kärnbränsle. På bilden syns frånluftsschakten som reser sig som skorstenar på byggnaden. *Bildkälla:* <https://rhk.hu/en>

## Kärnkraftverket

Efter lunch var det dags att klä på sig skyddskläder igen och knata in på Paks 1. Detta är ett kärnkraftverk med 4 reaktorer av ryska modellen VVER 400 på 500 MW styck. VVER är en typ av tryckvattenreaktor utvecklad av Sovjetunionen. Vi fick kika på kontrollrummet och lärde oss om hur de arbetar, att de använder en annan lösning av kylsubbar. Det finns en gemensam turbin- och generatorhall för samtliga fyra reaktorer i Paks 1. Rundturen tog oss runt turbin och generator tillhörande den ena reaktorn, där fanns det två slingor där vardera generator producerade 236 MW styck. Dessa slingor bestod av en högtrycksturbin och två stycken lågtrycksturbiner innan själva generatoren. Det var en enorm och väldigt bullrig lokal (det gick inte att prata med varandra).

Senare fick vi titta in i ena reaktorhallen där vi fick se två reaktorer i samma delbyggnad! Detta för att Paks tillämpar s.k. twin-reactor buildings. Detta förklarade reaktorbyggnadernas utvändiga utseende, där de står parvis och sammanlänkade med en dubbelskorsten i mitten. På Ringhals har tryckvattenreaktorerna (PWR) separata reaktorbyggnader med enskilda skorstenar. Guiden förklarade hur byten av bränsle fungerar, pekade ut mellanförvaringspoolen för bränsle intill reaktortanken, samt beskrev hur de lastar sina bränsleelement i BTB:n som sedan transporteras via räls till Mellanförvaret vi besökte tidigare. Där fanns också flera lockförsedda hålgångar i golvet, t.ex. för att kunna utföra underhåll på de 6 horisontella ånggeneratorerna som ligger under reaktorhallgolvet. Guiden berättade även att det finns en extra pool i reaktorhallen där de förvarar färskt bränsle. Idag har de införskaffat bränsle för att



klara sig i 3 år utan att få nya bränsleleveranser, och har därmed en god buffert i och med rådande handelsrestriktioner med Ryssland.

Under turen fick vi även se ut över byggnadsplatsen för Paks 2, som kommer att få två nya reaktorer med VVER-1200 teknik från ryska Rosatom. Men i dagens läge var det endast en stor bassäng som syntes på ett fält av gul lerjord; grunden var utgrävd och lagd men där hade arbetet stannat och nu blivit vattenfyllt. Det lät som att pengarna tagit slut men enligt vår guide skulle Paks 2 stå klart inte långt efter 2030-talet.

Vi övernattade i Szekszárd på ett hotell vi blev rekommenderade av Kinga, mitt emellan besökssterna.

## Dag 3

---

### Slutförvaret

När vi kom fram till Bábaapáti så möttes vi av vår värdinna Kinga samt platschefen för anläggningen. Besöket startade med en introduktionsfilm om anläggningen. Efter det passerade vi säkerhetskontrollen och begav oss till mottagningshallen med skyddsutrustning på. Med oss fick vi ett eget dosratsinstrument ("så att vi skulle känna oss trygga") av modell Thermo FH40 – vilken kom väl till användning.

I mottagningshallen stod cirka 1700 fat med låg- och medelaktivt kärnavfall, denna sal rymmer upp till 3000 fat. Anläggningen har i dagsläget använt två olika sorters behållare som avfallskollin, ursprungligen en armerad betongkokill och framöver en stålkokill. Betongkokillen rymmer 9 fat som kringgjuts med betong och lock. Dessa tillverkades på plats och vi kunde se den stora övergivna vibrationsstationen (som skakade ut bubblor ur betongen när de gjöt in faten i kokillen) nu när de gått över till en annan lösning. Den nya behållaren görs hos KKV:et och är en stålkokill som rymmer 4 fat men där den kringgjutande betongen först blandas ut med radioaktiva rester som slam/filtermassor/vatten.

Vi noterade att bakgrundsdosraten utomhus var 0,1 nanoSv/h och i mottagningshallen där faten förvarades var bakgrunden under 0,100 microSv/h. Ytdosrat på faten var ca. 1-2 uSv/h medan de fyllda stålkokillerna höll en ytdosrat på ca. 25 uSv/h. Vår reflektion är att det var lägre dosrat än förväntat.

Efter rundan i mottagningsstationen satte vi oss i en minibuss och körde ner till själva förvaret 250 m ner i granitiskt berg på en ca. 3,5 km lång väg med ca. 10 graders lutning. När kokillerna ska deponeras i slutförvaret transporteras de ned med en specialbyggd lastbil 3 oberoende bromssystem för att kunna stanna om något skulle gå fel. Från introduktionsfilmen vet vi att där finns 4 förvaringssalar, den första är fylld och väntar på ingjutning, den andra håller på att fyllas upp, och de sista två salarna är under utgrävning. Nere i underjorden öppnade de upp förvarssal 1&2 och vi fick gå in och



kika. Vi hade även med oss dosratsinstrumentet här och kunde mäta aktiviteten i de olika salarna.

Sal 1 var fylld av 537 st. äldre generationens betongkokiller. Sal 1 är inte slutgiltigt försluten då den saknar kringgjutning och används i utbildningssyfte. Trots det var dosraten där inne oförväntant låg. Vi uppmätte ytdosrater till ca 1 microSv/h. Däremot i sal 2 där de nyare stålkokillerna har börjat deponerats var det något högre ytdosrater, 28 microSv/h mätte vi upp.



**Bild 2:** Avfallsgruppen i (vänster) Sal 1 framför deponerade betongkokiller, och (höger) Sal 2 framför deponerade stålkokiller i Ungerns slutförvar för låg- och medelaktivt bränsle i Båtaapáti.

Låt oss jämföra med SFR! I sal 1 fylldes hela salen med kokiller innan ingjutning. I sal 2 påminner deponeringsstrategin om det SKB gör med att man gjuter in i kampanjer, så man deponerar ett antal kokiller, lägger på ett strålskyddslock och bygger en vägg av betongelement sedan så gjuter man igen hela den sektionen, efter det kan man fylla på med lösa fat ovanpå innan man gjuter igen den sektionen med. Så det blir sektionerat ingjutet i olika kampanjer. De har även börjat spränga ut sal 3 och 4 som kommer att vara klara tills behovet av dem finns.

Besöket tog slut och vi hade samlat på oss en liten stråldos om 2-3 microSv (vilket är basically nothing), men hade det varit mer så hade det varit klart värt det för att få se och uppleva en anläggning på så extremt nära håll!



## "Hemresan"

Oerhört nöjda med besöket körde vi vidare mot Budapest, där vi unnade oss en gemensam weekend.

## Lärdomar och insikter

---

Sammanfattningsvis:

- Ungerns mellanförvar för använt kärnbränsle tillhör kategorin torrt förvar. RHK (som är SKB:s motsvarighet i Ungern) använder sig av en hängande gitterlösning som kyler med hjälp av naturlig konvektion. Hela byggnaden är placerad ovan jord. Jämförelsevis användes vatten som kylmedel i Clabs mellanlagerbassäng som är belägen under jorden.
- *Kuriosa:* Borrgrävmaskinerna som användes vid utgrävning av slutförvaret kunde inte backa. Två maskiner användes, och när de möttes i underjorden fick en av dem offras, den grävde då ner sig själv och överges för att den andra skulle kunna köras ut.
- På Paks 1 kärnkraftverk är fyra VVER-reaktorer placerade i två tvilling-reaktorbyggnader med dubbelskorsten och har en gemensam turbin- och generatorhall som rymmer fyra uppsättningar. VVER är en typ av tryckvattenkokare designad av Sovjetunionen. Varje VVER har 6 st horisontellt liggande ånggeneratorer som ryms under reaktorhallgolvet. På Ringhals har man låtit bygga tre separata reaktorbyggnader för tryckvattenreaktorerna (PWR) med vardera varsin turbinhall. Varje PWR har 3 st vertikalt stående ånggeneratorer som ryms inne i reaktorhallen. En ytterligare olikhet är att Paks 1 har fyrkantiga reaktorbyggnader vilket slår hål på den svenska tumregeln att BWR är fyrkantiga och PWR är cylindriska.
- *Kuriosa:* Paks låter ryska Rosatom bygga deras nästa kärnkraftverk Paks 2 och de planerar att fortsätta köpa bränsle från Ryssland. Idag har de ett 3-årslager av ryskt bränsle, p.g.a. rådande handelsrestriktioner (kriget i Ukraina), men planerar ändå att fortsätta handla från Ryssland via en mellanhand.



### Tips för nästa generation!

- Kom överens om en stående mötestid under startseminariet.
- Gör en gemensam kalender snarast efter startseminariet där var och en markerar när de är otillgängliga (shift, utbildning, semester m.m.) för att kunna identifiera vilka dagar ni alla är lediga!
- Utforska ert gemensamma kontaktnätverk och tidigare YG-resor för att lista möjliga resmål. Dela upp ansvarsområden.
- Var inte rädd för att prioritera Young generation – din chef har redan godkänt ditt deltagande!
- Tänk på att Pass kan behövas för besök av kärnteknisk anläggning, även om resan är inom Norden.
- Fördela kostnader mellan er (företag) som bilhyra, bränsleförbrukning, taxi osv.
- Sammanfatta ert besök skriftligen, gärna samma dag, för att inte glömma detaljerna innan reserapporterna ska färdigställas.
- Ta gruppbilder!



Reseberättelse Sverige, Norge

---

Avfall, Young Generation 2025

# A different waste handling technique at Rönnskär and other insights.

The main topic of our Nordic round tour was to visit the deep repository of Boliden, where dangerous elements like mercury are deposited. We also visited the IFE Kjeller site in Norway and their nuclear department, which handles spent fuel from old research reactors and the decommissioning of these. The trip was made in May across 2.5 days.

Text written by Ida Bergström, Fredrik Fager, Luis Gonzalez Fonseca



## Participants

| Namn                  | Företag                     |
|-----------------------|-----------------------------|
| Ida Bergström         | Vattenfall (VPS)            |
| Fredrick Fager        | Svensk Kärnbränslehantering |
| Luis Gonzalez Fonseca | Westinghouse                |

## Purpose of the trip

---

As our main visit, we chose to visit the deep repository of Boliden, where dangerous elements like mercury are finally deposited. We wanted to find synergies with SKB:s final repository of radioactive waste. How is the repository built? Which requirements needed to be met? Additionally we aimed to visit the national final repository of Norway, but this was replaced with a visit to IFE Kjellers nuclear unit outside Oslo. As a bonus we got to visit HYBRIT in Luleå (development of fossil-free steel).



## Boliden Rönnskär underground repository

We visited the deep repository in Rönnskär where Boliden stores the resulting waste products after their copper refining process. The waste includes mercury and arsenic, among others. The waste produced includes only a low percentage of Mercury, but any amount exceeding 1% must be stored underground according to environmental law. Boliden has chosen to go beyond these requirements and decided to store all waste produce from the refining process in the deep repository. Read about “lakning” further down. The repository has been in operation since 2021.

Initially Boliden investigated the option of exporting their waste to Germany, who has repositories themselves in old salt mines. But the cost was too high, 25'000 sek/ton, and it was much cheaper to build their own repository in Skellefteå, 3'000 sek/ton.

The environmental law is changing and it will be mandatory to store waste including > 1% Hg in underground repositories. Several industries, science and schools have mercury. However, Boliden is not accepting waste/mercury from any external source, unless they can profit from it by extracting and creating value for their own.

Nils Åström from Boliden was our guide and he gave us a Safari-style tour by car of the underground repository as well as the above-ground factories.



**Picture 1:** On a safari-tour with our guide Nils, here driving down in the tunnel leading to the deep repository of Boliden.



## The repository

The repository is situated 330 meters below surface, and includes a 3200 meter long tunnel. The temperature is around 10°C and the air is quite moist. The repository currently has room for 290'000 m<sup>3</sup> of waste, but there is already a license in place to increase another 110'000 m<sup>3</sup>.

The repository includes several chambers for waste, each one reached from the tunnel. Deposition can be done from trucks on ground level or from a ramp. When the desired volume of waste has been reached, the chamber is sealed permanently by a concrete plug and filled up with water. Here's an interesting fact: They only use ground water to fill the chambers, and only by letting the natural process of 600 ml/h flow rate to take place.



**Picture 2:** One chamber in the deep repository which is already filled with waste from the refinement process, but which has not been sealed yet. The mixed waste have a solid form and looks like a pile of gravel.



**Picture 3:** The Waste group staring down an empty chamber in the deep repository of Boliden.



**Picture 4:** an empty chamber in the deep repository, taken from the ground floor. Visible on the left is a ramp. Deposition into the chamber can be made either from the ground or from above, from the ramp.



## No use of waste containers

The waste is in the form of slag products ("slam" in Swedish). There are no waste containers neither required by law, nor used, since Boliden mix their waste with binders to make it into solid form. They mix the slag with concrete and lime ("kalk" in Swedish). The lime is used to increase the pH-value of the waste to bind the Mercury within the matrix. pH 10 is stable and prevents leakage of the Mercury.

One type of waste when mixed with concrete and lime would produce ammonium when hardening. This process will fade until stop while the pH increases. We experienced the smell of ammonium when heading out of the tunnel and pausing by the car wash.

## The tunnel

In the tunnel we noticed several small pools of water on the left side of the road. These were step-wise pumping stations to bring the water up to the surface. In the roof, for the full length of the tunnel, were thick condensation plates to absorb humidity.

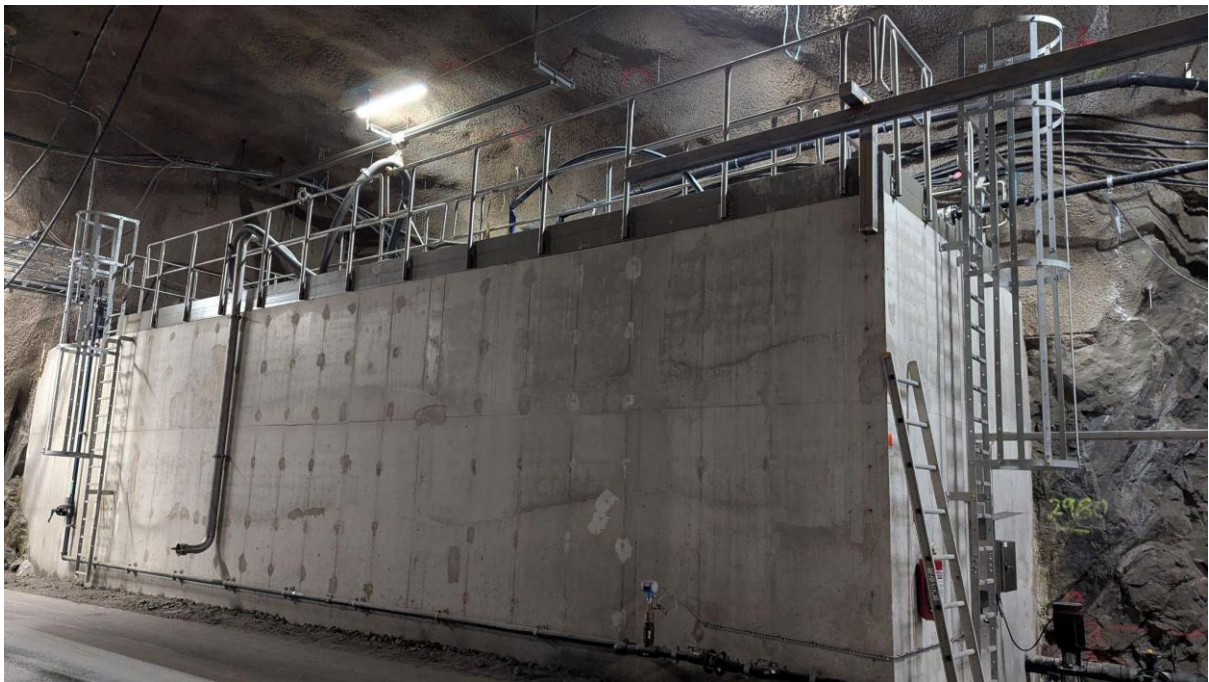
We also notice a few "evacuation chambers" every 500 metres of the tunnel. These include water and food for three days, in case of emergency such as a vehicle fire.

Here's another interesting fact: We asked how many workers were required to maintain the daily operation in the repository, and were surprised to hear that the answer was only one worker. Thus, lone working is allowed while normally in construction there is a no-lone-working (or two-person working) rule. Once an hour the personnel have to report via the radiocom. They did not seem concerned about potential cardiac arrests. There has been no accidents so far during operation, but there were some accidents during the excavation phase.

Any vehicle leaving the tunnel must first pass through a local car wash station, situated at the lowest point of the tunnel (330 m) to ensure not to bring any contamination (Hg, As) to the surface. They use the ground water for the washing stations and it is locally filtrated. As a first filtration they use the innovative option of crayfish shells (the first of a kind in Sweden).



**Picture 5:** The local car wash, situated at the lowest point of the tunnel (330 m below surface).



**Picture 6:** The water filtration station, connected to the local car wash, which uses crayfish shells as filters.

There were also portal monitors for radioactivity sighted on the above-ground site. These were used for trucks before leaving the site, to ensure no radioactive contamination was brought outside.



## Leaching

An onsite Leaching (“Lakning” in Swedish) plant worth 750 M SEK will be built by Boliden to enable them to recover more valuable metals from the process waste. Leaching makes it possible to recover more metals from the waste and at the same time reduce the amount that goes into the repository. Leaching is also hand in glove with Boliden's strategy of turning as much of the raw materials as possible into products and as little waste as possible.

## Fun facts

Nils shared a funny anecdote. In the beginning Boliden had a company car deal with Dacia which included their cheapest car model, not very suitable for the task at hand. At one point in time Boliden had 3 vehicles with burned clutches at the bottom of the tunnel that could not be operated. Finally, Boliden could break the contract and invest in proper cars (Toyota Hilux). The Dacia cars have now been towed out, and allegedly there is a memorial rune somewhere in the tunnel.



**Picture 7:** A proper vehicle for driving up and down the tunnel.



**Picture 8:** The Waste group, very satisfied with the visit to Bolidens deep repository in Rönnskär.

## Lessons and insights from Rönnskär

---

### Similarities with SKB:s method

- Safety analysis for 100'000 years.
- Deep repository storage
- Ramp solution

### Important differences:

- No need for a container.
- Allowed to mix waste.
- Lone-working allowed.

### Ramp solution



## Bonus visit 1: Luleå - HYBRIT

Monday afternoon 26th of May we visited the HYBRIT project situated at Svartöns Industrial area in Luleå.



**Picture 9:** The Waste group posing in front of HYBRIT:s pilot plant for producing Fossil-Free steel, in Luleå.

HYBRIT (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) is a collaboration between the three large Swedish companies SSAB, LKAB and Vattenfall, to develop a fossilfree steel production. It was through our network at Vattenfall we could arrange this visit and Helena Sundberg from their visitor office hosted us. Helena showed us a presentation about the HYBRIT project and explained to us the different development phases, as well as took us on a round trip outside and around the test facility. We could not enter the facility because the plant was in operation.

LKAB is mining the iron, SSAB is producing the steel but maybe you are wondering what Vattenfall contributes with? Vattenfall's contribution is hydrogen storage in rock bedding. There is a hydrogen storage for HYBRIT 3 km from Svartön, in Luleå. It was built 200 m below the surface.

There are three phases for the development. Hybrit has recently ended the second phase which was the Pilot phase, a.k.a. Test production, and the results have been released. Several different production methods have been tested and SSAB has chosen one.

They are entering the third and final phase, the Demonstration phase which is to prove industrialization works. By the end of 2028 SSAB will start building the fossil free steel plant in Gällivare.



## Steel making

The steel making in Sweden accounts for 12-13% of the total CO<sub>2</sub> emission, and the steel making in Luleå, with only one blast furnace ("masugn" in Swedish) plant accounts for 7% of this emission! This is a major incentive to produce fossil-free steel.

The blast furnace steel making emits 1.6 ton CO<sub>2</sub> per ton steel. The HYBRIT fossil free steel making emits only 0.025 ton (i.e. 25 kg) CO<sub>2</sub> per ton steel.

## Fun facts:

- Svartön is part of the "green transitioning" in the North. LKAB ReeMAP is also located here, as well as SSAB.
- Steel making is currently an ongoing production at Svartön by SSAB.
- Iron ore includes rare earth metals. There are plans to start extracting these to become self sufficient.
- The new steel plant in Gällivare will require a lot of electricity and therefore Svenska kraftnät has agreed to build a dedicated main power line ("stambana") to the facility from a nearby dam.



## Bonus visit 2: IFE at Kjeller

---

Our personal contact Thea Lyseid welcomed us to IFE Kjeller outside Oslo for a whole-day visit. After an informative presentation about IFE we got to visit the controlled areas. The visited sites included the JEEP-II test-reactor, the MET-LAB, the Gamma-lab, and the HOT LAB.

The test-reactors (JEEP-\*) are all located in a fenced off nuclear area of IFE called NUK-IFE, but now is in operation today. The nuclear area - and the whole department of NUK-IFE - will be transferred to the NDD by 2030. NDD stands for *Norsk nukleær dekommisjonering*, which is the nuclear decommissioning function in Norway.

The Gamma-lab is the only lab, in Norway that can handle open radioactive sources.

There is also a low and intermediate waste storage on site at Kjeller. When Halden (2018) and JEEP-II (2019) were shut down IFE had ongoing production of fuel. Different phases & enrichment. Work now to homogenize the fuel in order to sell it, e.g. to the UK. This is also a large part of the waste handling today.

### Fun facts:

- On the same site as IFE Kjeller is a Radiopharmica company.
- Silica bioproducts were sold for solar energy and this income founded the research reactors for 5-10 years.
- IFE-NUK uses old honey tin jars (from the grocery store) as containers for fuel pins, which are then put in proper waste containers.