

## Reseberättelse

Grupp Avfall, YG 26, 2022

Text av Jonathan Al-Ani, Daniel Andersson, Robin Carlberg, Svante Hedström, Vivian Peters

# Norges slutförvar KLDRA och forskningsreaktorer under avveckling vid Kjeller

Norge har ingen kärnkraft, men har ändå radioaktivt avfall som måste hanteras. I slutförvaret för låg- och medelaktivt avfall KLDRA deponeras avfall från industri, försvar, sjukvård och forskning. Det besöktes, liksom forskningsanläggningen i Kjeller utanför Oslo, platsen för tre av Norges fyra forskningsreaktorer. Inför avvecklingen ska snart statliga Norsk nukleær dekommissionering ta över ansvaret för reaktorer och slutförvar från stiftelsen Insitutt for energiteknikk.

### Deltagare på resan

Jonathan Al-Ani

*Westinghouse Electric Sweden AB*

Daniel Andersson

*Forsmarks Kraftgrupp AB*

Robin Carlberg

*Forsmarks Kraftgrupp AB*

Svante Hedström

*Svensk Kärnbränslehantering AB*

Vivian Peters

*AB SVAFO*

## Tanke bakom resmål och koppling till vårt tema

Norge har aldrig haft några kommersiella kärnkraftverk för elproduktion, men har likväl radioaktivt avfall som måste hanteras och omhändertas. I Norges slutförvar för låg- och medelaktivt avfall (KLDRA) deponeras avfall från konventionell industri, försvar, sjukvård och forskning. En stor del av det norska radioaktiva avfallet kommer från det sistnämnda; Norge har nämligen haft ett antal forskningsreaktorer som drivits och förvaltats av Energitekniska Institutet (Institutt for energiteknikk, IFE). Även KLDRA drivs av IFE som innehar ansvaret för att deponera allt radioaktivt avfall som produceras inom landets gränser.

Samtliga forskningsreaktorer i Norge har tagits ur drift och ska avvecklas. Den sista forskningsreaktorn togs ur drift så sent som 2018. Det existerande slutförvaret, KLDRA, är inte tillräckligt stort för att rymma rivningsavfallet från reaktorerna, och innehar också bara tillstånd för deponering av låg- och medelaktivt driftavfall. Det är alltså inte säkert att avfall från reaktorerna skulle kunna slutförvaras i KLDRA även om tillräckligt utrymme fanns.

Det juridiska ansvaret som IFE idag har över de kärntekniska anläggningarna kommer att övertas av Norsk nukleær dekommissionering (NND), vilket för tillfället är planerat att ske vid årsskiftet 2023/2024. Förutom att Norge alltså initierar ett avvecklings- och slutförvarsprogram, ska alltså den nukleära verksamheten också överföras från en forskningsstiftelse till en statlig myndighet.

NND avser att bygga ett gemensamt slutförvar för allt radioaktivt avfall (som ännu inte deponerats i KLDRA). Exakt utformning av det nya slutförvaret eller platsval är inte bestämt, men urvalsprocessen är igång.

Studiebesöket i Norge kopplar såldes till gruppens tema - Avfall - både vad gäller historiskt omhändertagande av radioaktivt avfall och kommande avvecklings- och rivningsplaner och avfallsstrategi.

## Dag 1: Institutt for energiteknikk och Norsk nukleær dekommissionering vid Kjeller

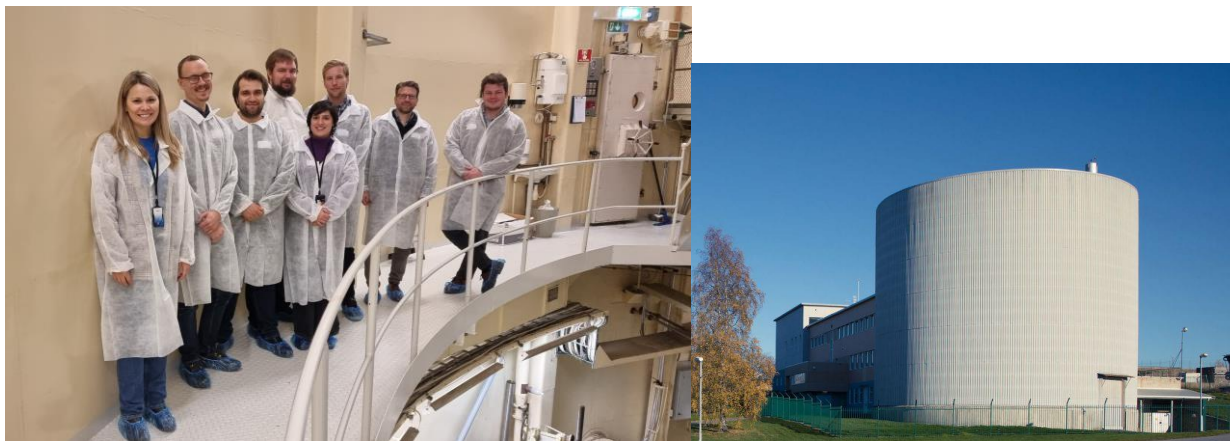
Dagen började i receptionen hos IFE:s forskningscenter vid Kjeller där vi fick träffa våra besöksmottagare från NND. En representant för IFE berättade om de olika forskningsreaktorerna som finns och fanns på området, vilka vi senare fick besöka. Vi fick träffa fler IFE-medarbetare i olika yrkesroller och åldrar och ta del av Norges historia kring kärnteknik överlag, de olika reaktorerna, deras avveckling och tillhörande avfallshantering. NND beskrev även deras framtidsplaner att inför avveckling att överta ansvaret för avfall och anläggningar inklusive KLDRA (se nedan) från IFE och sedan slutförvara det resulterande avfallet. Presentationerna gav en inblick i Norges spännande och långa historia (Norge var det första icke-stormaktsland med fungerande kärnreaktor, ett år före Sverige) kring fredlig kärnforskning, men också svårigheterna kring att hantera historiska anläggningar och poängterade att informationsöverföring mellan generationerna är viktigt för avveckling eftersom anläggningskännedom annars riskerar att gå förlorad. Vi fick även ett perspektiv på svårigheterna hos NND i att bilda en helt ny verksamhet, medan vi i Sverige redan har etablerade verksamheter för alla steg i kärntekniksektorn och dess avfallskedja.

Till lunch bjöds på smørrebrød, vilket följdes av en rundtur i forskningscentret. Vi besökte de två reaktorerna NORA och JEEP II och lokaler för avfallshantering. Anmärkningsvärt för NORA var att reaktorn genomgått en första avveckling under 60-talet, till förmån för JEEP II, men under det regelverk som rådde då vilket innebär att i stort sett alla strukturer förutom reaktorhärden står kvar, men är helt dekontaminerade. JEEP I, som avvecklades under 60-talet tillsammans med NORA, hade vid vårt besök genomgått en andra, mer fullständig avveckling enligt modern standard och stod inte längre kvar.

JEEP II stängde 2018 för underhåll men då skador upptäcktes vid underhållet beslutade IFE att istället avveckla reaktorn. Under dess drift hade JEEP II en termisk effekt på 2 MW och drevs med låganrikat uran och tungvatten som moderator, vilket är jämförbart med Sveriges första reaktor R1. Eftersom avvecklingen av reaktorn inte hade påbörjats vid vårt besök var den fortfarande intakt.

Efter att ha sett NORA och JEEP II fortsatte vi till avfallshanteringen. Avfallschef Knut-Bjørnar berättade på ett charmigt och lätt ironiskt sätt om den stora utmaningen med att hantera de otaliga historiska avfallsfraktionerna, uppkomna från reaktorer av olika typ under mer än ett halvt sekels tid. Dessutom hanterar IFE även icke-kärntekniskt avfall från exempelvis sjukvård. Mycket avfall i alla tänkbara olika former och med alla tänkbara olika radiologiska, kemiska och fysikaliska egenskaper finns på anläggningen, trots långvarigt arbete med att karaktärisera, konditionera och packa mycket av avfallet för transport till slutförvaring i KLDRA.

En utmaning jämfört med Sverige är att de inte har någon kärnkraftsbransch som kan finansiera verksamheten utan allt sker med offentliga medel. Norges hantering av radioaktivt avfall åtnjuter också mindre stordriftsfördelar än Sverige; de behöver lösa minst lika svåra problem men i mindre skala, med färre medarbetare och mindre resurser och kompetens. Det saknas bra kärnteknikutbildning i Norge, vilket illustreras av att den unga bränsleexperten Thea (längst till vänster i figur 1) är utbildad på Chalmers.



**Figur 1.** Vänster: Gruppen och guider inuti JEEP II:s reaktorbyggnad. Höger: JEEP II – Norges sista forskningsreaktor i drift. Foto av IFE, hämtad från [norskdekommisjonering.no](http://norskdekommisjonering.no).

## Dag 2: KLDRA - Kombinert lager og deponi for lav- og mellomaktivt radioaktivt avfall

Tidigt på morgonen åkte vi från hotellet i centrala Oslo till IFEs forskningscenter vid Kjeller, samma plats där vi var dag 1, för att hämta upp dosimetrar. Därefter bar det vidare mot Norges nationella slutförvar för låg- och medelaktivt radioaktivt avfall, KLDRA, som ligger i Himdalen, ca en timmes bilväg sydöst om Oslo. Bilfärden var inte anmärkningsvärd, men det var intressant att se den norska landsbygden med små samhällen, för att till sist hamna längs en grusväg omgiven av tätvuxen skog. Vägen och ingången till KLDRA drar inte direkt till sig uppmärksamhet, vilket förmodligen är syftet, se Figur 2. De berättade dock att den kan vara svårt att transportera dit avfall vid vinterväglag.

Vi fick en guidad rundtur i anläggningen och fick lära om konstruktionen som bland annat minimerar risken för spridning av radioaktivitet. I anläggningen finns olika typer av avfall som deponeras vanligtvis i fat eller containrar, se Figur 2. I fat deponeras typiskt avfall som kan komprimeras, medan det i containrarna finns avfall som inte går att komprimera. Avfallet är bearbetat och paketerat innan det når anläggningen för deponering.

KLDRA:s närmaste svenska motsvarighet SFR ligger under havsytan och därför droppar vatten kontinuerligt in och måste pumpas ut. Vi fick förklarat att KLDRA däremot är helt torrt då det ligger relativt högt upp i berget vilket ger en naturlig dränering.

Under besöket fick vi även återberättat om det historiska avfallet. Det blev även klart för oss varför KLDRA

inte har tillräckligt kapacitet för att rymma rivningsavfallet från reaktorerne, och att det nya slutförvarsprogrammet är nödvändigt.



**Figur 2.** Vänster: Ingång till KLDRA. Höger: Radioaktivt avfall lagras i fat eller containrar. Båda foton av IFE, hämtade från [norskdekommisjonering.no](http://norskdekommisjonering.no).

## Tankar om hur besöken uppfyllt YGs riktlinjer

Vi är väldigt nöjda med våra besök, som har varit väldigt intressanta och lärorika. Under våra besök så har vi lärt oss hur de norska organisationerna hanterar sitt avfall och vad dom har för planer för att ta hand om det i framtiden. Besöken gav oss också fin möjlighet att lära känna andra unga i Norges kärntekniksektor, bland annat Edvin vid NND och Thea vid IFE som båda syns i Figur 1.

Under resorna har vi även delat mycket erfarenheter och lärt oss mycket av varandra då vi alla jobbar med avfall på något vis, men i olika steg i kedjan.

## Reflektion mot temat

Att besöka IFE och NND vid Kjeller och KLDRA kändes som en naturlig följd då de är de viktigaste organisationerna och anläggningarna inom norsk kärntekniksektor. Alla tre samverkar för att kunna ta omhand om de radioaktiva avfall som har genererats i landet, och alla bistår med sin roll i slutförvarsfrågan, oavsett om det är låg-, medel- eller högaktivt avfall.

Flera av oss i gruppen har arbetsuppgifter som på något sätt kopplar till avfallshantering i olika nivåer, allt från produktion och operativ hantering av bränsle till analyser inför slutförvar. Det har varit en lärorik upplevelse för hela gruppen på flera nivåer, bland annat att lära sig om de stora skillnaderna jämfört med Sverige, speciellt med tanke på att de två länderna överlag, utaför det kärntekniska, är väldigt lika och har liknande förutsättningar.

## Tips

- Överlägg tidigt tankar och idéer inom gruppen. Påbörja efterforskning kring möjliga resmål utefter er tolkning av temat.
- Ta kontakt med företag/institut tidigt. Positiv respons kan erhållas snabbt, men att faktiskt iordningsställa ett studiebesök kan ta tid. Räkna med en viss utdragen byråkrati beroende på land och resmål.
- Boka in stående avstämningsmöten, gärna så tätt som en gång per vecka. På så sätt säkerställs framdrift i planeringen. Det är enklare att ställa in ett möte än att allt eftersom försöka hitta lämpliga tider.
- Se till att ha överenskomna kontaktvägar inom gruppen som passar samtliga gruppmedlemmar. Håll varandra uppdaterade.

## Reseberättelse

**Grupp Avfall, Young Generation (YG) 26, 2022**

*Text av Jonathan Al-Ani, Daniel Andersson, Robin Carlberg, Svante Hedström, Vivian Peters*

# Sloveniens reaktorer och avfall – kärnkraft och forskning

Slovenien är ett litet land med två kärnreaktorer, en för elproduktion i kärnkraftverket Krško och en för forskning vid Jožef Stefan-institutet. Vi besökte dem båda, liksom energibolaget GEN Energija samt ARAO som hanterar det slovenska radioaktiva avfallet. På gruppens tema avfall lärde vi oss intresserat om ARAOs planer för två slutförvar för låg- och medelaktivt avfall respektive använt bränsle, aktualiserade av snart fulla mellanlager.

### Deltagare på resan

Jonathan Al-Ani

*Westinghouse Electric Sweden AB*

Daniel Andersson

*Forsmarks Kraftgrupp AB*

Robin Carlberg

*Forsmarks Kraftgrupp AB*

Svante Hedström

*Svensk Kärnbränslehantering AB*

Vivian Peters

*AB SVAFO*

## Tanke bakom resmål och koppling till vårt tema

Slovenien har en unik situation gällande sitt enda kärnkraftverk och dess avfall. När Jugoslavien delades 1990 stod deras enda kärnkraftverk på slovensk mark, nära gränsen till Kroatien. Sedan dess delar Slovenien och Kroatien lika på all el från verket, liksom alla arbetstillfällen. De bär också ansvaret för hälften av avfallet var, vilket har visat sig försvåra planeringen av slutförvar. Sloveniens mellanlager för låg- och medelaktivt avfall (LOMA) är snart fullt, och de har därför initierat planer för att bygga ett slutförvar. Men Kroatien vill inte delta i byggandet eftersom de anser att de ändå kommer behöva ett eget slutförvar. Det beror i sin tur på att Kroatien har icke-kärntekniskt radioaktivt avfall från t ex sjukhus och forskning, som enligt internationella konventioner inte får exporteras till Slovenien eller annat land för slutförvaring där. Under studiebesöket hos ARAO framkom även att det eventuellt föreligger ekonomiska skäl till att Kroatien inte har möjlighet att medfinansiera ett slutförvar i närtid.

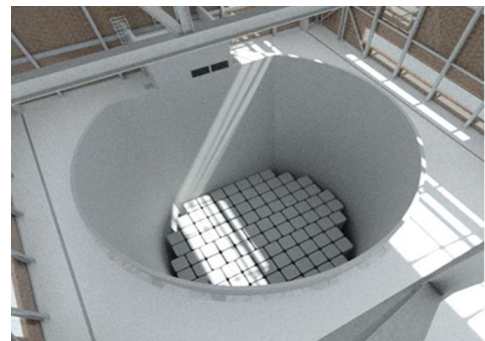
Sloveniens plan för LOMA-slutförvar är att konstruera en betongsilo med vertikala schakt. Det liknar silon i svenska SFR med skillnaden att silons topp ligger i höjd med markytan, vilket fungerar där eftersom vattenflödena är låga genom den leraktiga jordmånen på den föreslagna platsen nära Krško. En inledande radiologisk analys av säkerhet efter förslutning av det planerade slutförvaret togs fram 2010 med hjälp av bl a svenska Facilia och Studsvik Nuclear.

Slutförvar för använt bränsle ligger längre fram i tiden tack vare torrlager som byggs vid Krško-verket.

## Dag 1: Avfallsorganisationen ARAO

ARAO ansvarar för slutförvaring av det slovenska radioaktiva avfallet. De tog emot oss vid sitt Ljubljana-kontor. De presenterade sin verksamhet och planer för en LOMA-slutförvarssilo i Vrbinja i närheten av Krško. Efterföljande diskussion utgick från frågor som vi hade förberett innan avresa samt de som uppstod under presentationerna. De berörde bland annat ansvarsfördelningen för avfallet och slutförvar mellan ARAO och avfallsproducenterna. ARAO ansvarar och driver mellanlager för LOMA-avfallet från sjukhus och forskning inklusive Jožef Stefan-institutet (se nedan). Mellanlagret övertogs från IJS 1999. Krško driver egna mellanlager för sitt LOMA och använda kärnbränsle. Det avfallet kommer så småningom tas över av ARAO inför kommande slutförvaring i ARAO:s regi. Militärt historiskt avfall finns sedan Jugoslaviens uppdelning i Serbien.

ARAO beskrev att de sedan 1996 finansieras av en kärnavfallsfond, likt Sverige sedan 1982. En skillnad mot svenska SKB är att ARAO är statligt, och de beskrev att det medför lägre löner och svårare att attrahera kompetens. Överlag är arbetslösheten låg i landet och ARAO likt hela kärntekniksektorn har svårt att tillgodose sitt behov av arbetskraft och kompetens. Ett bekymmer likt i Sverige är historiskt avfall, både från Krško och IJS, som är illa karakteriserat och ofta redan packat på ett sätt som svårgör vidare karakterisering. Inför slutförvaring kommer det krävas att avfallet kan påvisas uppfylla förvarets acceptanskriterier.



Figur 1. Konzeptbild för planerad slutförvarssilo. Hämtad från [https://www.arao.si/images/slike/irao/silos\\_1.png](https://www.arao.si/images/slike/irao/silos_1.png)

## Dag 1: Jožef Stefan-institutet

Efter besöket på ARAO besökte vi Jožef Stefan-forskningsinstitutet (IJS) där vi togs emot av Janez (sekreterare och internationellt ansvarig för slovenska YG).

Vi började med att besöka TRIGA-reaktorn (training, research, isotopes, general atomics), en 250 kW forskningsreaktor som används framförallt för att undersöka hur olika material reagerar på joniserande strålning, men också för utbildning. Reaktorn togs i bruk 1966 och är en lättvattenreaktor med ca 70

bränsleelement. Många reaktorer av samma typ finns runt om i världen. Bränslet till TRIGA-reaktorn importeras från USA, och dit repatrieras det även efter användning. De berättade även att många studenter kommer och gör sina examensarbeten där bland annat från Uppsala universitet.

Utöver TRIGA-reaktorn finns vid IJS även forskningslaboratorier, varav vi besökte ett. Den unga forskaren och YG-medlemmen Boštjan visade sin experimentuppställning och förklarade sitt forskningsprojekt om vattenflöden för tillämpning på vattenströmmar i kärnreaktorer.

Vi fick också utifrån se LOMA-mellanlagret som drivs av ARAO men ligger vid IJS, där allt slovenskt LOMA lagras, förutom det från Krško-verket som har eget mellanlager (se nedan). En pågående omorganisation av avfallet gjorde att vi inte fick besöka insidan av mellanlagret.

IJS-besöket avslutades i en föreläsningssal där de beskrev utbildningsaktiviteter och visade pedagogisk rekvisita som används för att utbildar skolelever om energi- och kärnteknik. De berättade att antalet sådana utbildningar dock tyvärr minskat betydligt på grund av pandemin och budgetnedskärningar.

Den första dagen avslutades med restaurangbesök tillsammans med flera representanter från slovenska YG, inklusive Januz och Boštjan som vi tidigare träffat vid IJS.



**Figur 2.** Vänster: TRIGA-reaktorn i mitten av dess överbyggnad. Höger: Guiden Janez och gruppen ovanpå reaktorn vid den öppna reaktorbassängen.

## Dag 2: Krško kärnkraftverk

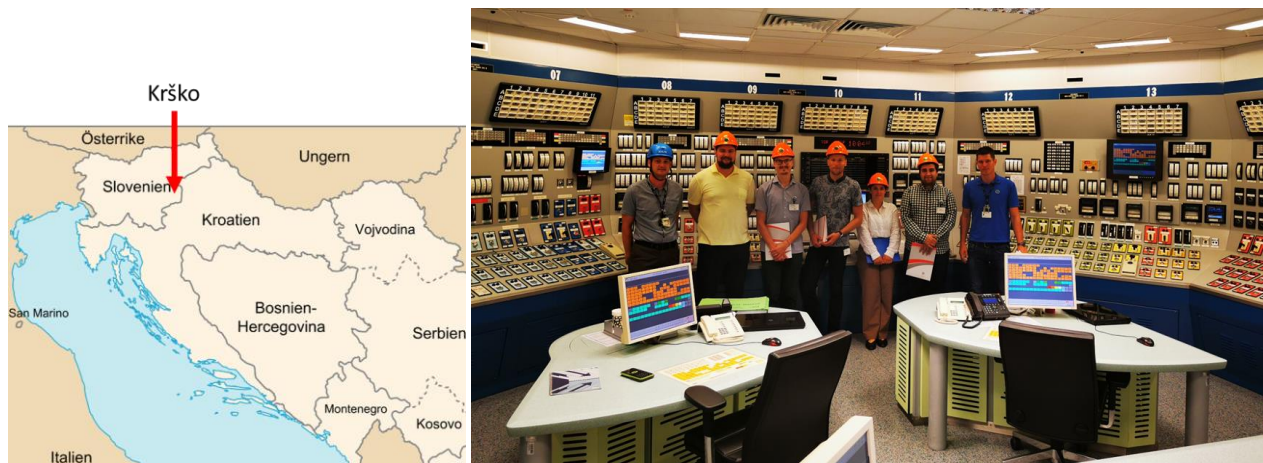
Vi tog oss med bil från Ljubljana till Krško Kärnkraftverk. Kärnkraftverket, en PWR med sina 5,7 TWh/år förser ca 20% av Sloveniens och 16% av Kroatiens elbehov. Reaktorn är primärt vattenkyld från Sava-floden, men har även installerat luftkyllning som komplement när temperaturerna blir för höga och när vattenståndet i floden är för lågt. Ur ett avfallsperspektiv är just hanteringen av allt avfall, låg-, medel- och högaktivt den intressanta frågan. Allt delas mellan de båda länderna, och båda länderna har sina egna lösningar, trots likvärdiga geografiska och geologiska förutsättningar (mer om detta pratas om i kapitel "ARAO" ovan). Som vår guide uttryckte det: de är de enda länder vars kärnkraftsflotta består av en halv reaktor.

Efter tillträdeshandlingar delats ut och våra besöksmottagare genomfört de obligatoriska

säkerhetsgenomgångarna så fick vi ganska fort komma ut i anläggningen. Som alltid är det en intressant resa att ta sig in till aktiv sida på en ny anläggning, och även intressant att studera vilka rutiner som skiljer från "sin egen" anläggning man är van vid. Rundvandringen började med att fokusera på de avfallsalstrande komponenterna, och ringlade sig neråt i flödet där vi tillslut kom till emballering och hantering av avfall. Där gavs bl.a. stor uppmärksamhet till fat-kompakteringen, vilken var en semiautomatisk maskin som kompakterar, förseglar och transporterar faten till verkets eget LOMA-mellanlager.

Bränslet som anläggningen förbrukat står än så länge i deras egna bränslebassänger, men på grund av utrymmesbrist i bassängerna så har de påbörjat arbetet med ett eget passivt, torrt mellanlager. De håller just nu på att bygga en drycask-anläggning som beräknas vara klar för hantering av bränsle några månader innan det reella behovet blir akut. Ute i sista stund som resten av branschen.

Det berättades också om att det finns idéer, men ännu inga konkreta planer, för en andra kärnkraftsreaktor för att möta framtida elbehov, förmodligen intill den existerande Krško-reaktorn. Vattenmängden i Floden Sava minskar dock i takt med klimatförändringarna och räcker knappt att kyla den existerande reaktorn, så en framtida reaktor kommer behöva kylas helt med kyltorn.



**Figur 3.** Vänster: Karta över Slovenien med Krško kärnkraftverk utmarkerat, nära Kroatiska gränsen. Höger: Gruppen Avfall besöker kärnkraftverkets kontrollrums-simulator.

## Dag 2: Utbildningscenter vid Gen-I:s huvudkontor

Vi åkte sedan vidare till distributören: Gen-I som delägs till 50% av Gen-Energija (Sloveniens motsvarighet till Vattenfall, ett aktiebolag som ägs till 100% av slovenska staten) och 50% av investmentbolaget GEN-EL. Besökscentrat var främst fokuserat på att redogöra för säkerheten kring kärnkraft, och förklara fördelarna med en så högkoncentrerad energikälla med minimal miljö- och omgivningspåverkan.

Utöver det så var hela centrat en experimentverkstad där man själv kunde testa styrning av energikällor, hur de olika källorna reagerar på möjliga detaljstyrningar, t.ex. justering av vinkeln turbinbladen till antingen vind- eller vattenkraft, solcellernas effektivitet beroende på solens vinkel (dygnsrytmen) och mycket mer. Efter en lång dag så var detta ett välkommet tillfälle att leka som barn på nytt, särskilt då vi hade hela centrat för oss själva.

## Tankar om hur besöken uppfyllt YGs riktlinjer

Under alla studiebesök fanns ett stort intresse hos mottagarna att bibehålla kontakten och att dela med sig av sina arbetssätt och erfarenheter, både ur ett generationsperspektiv men också ur ett internationellt perspektiv eftersom vi fick träffa såväl jämnåriga som äldre kollegor. Det var också lärorikt att bli tillfrågad hur vi arbetar



i Sverige eftersom vi i vår grupp har olika yrkesroller och kunde lära av varandra. Det gav en större förståelse för branschen både i Sverige och i Slovenien att kunna jämföra olika delar av kärnkraften och utbyta kunskap.

## Reflektion mot temat

Studiebesöken stämde väl överens med temat Avfall. Dels fick vi ta del av framtida slutförvaringsplaner i Slovenien, dels genomgå processen för hur använt kärnbränsle omhändertas och mellanlagras. Vi fick även ta del av friklassningsprocessen som avsevärt minskar avfallet från forskningsreaktorn. Studiebesöket hos ARAO och kärnkraftverket tydliggjorde även ansvarsfördelningen mellan Slovenien och Kroatien avseende radiologiskt avfall i det unika förhållandet en site - två länder.

## Tips

- Överlägg tidigt tankar och idéer inom gruppen. Påbörja efterforskning kring möjliga resmål utefter er tolkning av temat.
- Ta kontakt med potentiella mottagande organisationer tidigt. Preliminärt positivt respons kan erhållas snabbt, men att faktiskt iordningsställa ett studiebesök kan ta tid. Räkna med en viss utdragen byråkrati beroende på land och resmål.
- Boka in stående avstämningsmöten, gärna så tätt som en gång per vecka. På så sätt säkerställs framdrift i planeringen. Det är enklare att ställa in ett möte än att allt eftersom försöka hitta lämpliga tider.
- Se till att ha överenskomna kontaktvägar inom gruppen som passar samtliga gruppmedlemmar. Håll varandra uppdaterade.