

Slutrapport av TUFF-projekt med projekttitel: Utveckling av laboration inom avsaltning av havsvatten för att utveckla studenternas generiska, etiska och tekniska färdigheter med studentaktivt lärande. Datum: 2021-06-30. Projektet genomfördes av Jennifer Leijon* och Johan Forslund, vid avdelningen för elektricitetslära, institutionen för elektroteknik, Uppsala universitet. *Kontakt: jennifer.leijon@angstrom.uu.se

1. Introduktion och bakgrund

Projektet *Utveckling av laboration inom avsaltning av havsvatten för att utveckla studenternas generiska, etiska och tekniska färdigheter med studentaktivt lärande* har syftat till att ta fram en laboration som handlar om avsaltning av vatten och förnybar el för att driva avsaltningssystem. Vatten- och energifrågor är ofta kopplade, inte minst i samband med avsaltning, vilket tydliggörs i uttrycket vatten-energi nexus (Lubega & Farid, 2016; Shahzad et al., 2017). Målsättningen med projektet var att ta fram laborationsunderlag för en studentlab som samtidigt utvecklade tre olika färdigheter hos studenterna: tekniska färdigheter, generiska (mjuka) färdigheter och kunskaper eller tankar kring etiska aspekter. Att just dessa tre områden passar bra för en lab om avsaltning kopplas till de specifika utmaningar som relaterar till vatten- och energifrågor. Det handlar om etiska aspekter, såsom vem som ofta har eller inte har tillgång till rent dricksvatten, möjlighet till god hygien och närhet till en toalett (WHO/Unicef (JMP), 2016). Att arbeta vatten- och energifrågor som delvis är tvärvetenskapliga kan kräva god dialog, kommunikation både skriftligt och muntligt, och ett övergripande gott samarbete mellan olika parter. Det är exempel på hur goda generiska färdigheterna kan gynna arbetet inom vatten- och energisystem. Generiska färdigheter har tidigare diskuterats i exempelvis (Boyce et al., 2001) och (Leijon & Boström, 2019). Arbetet med avsaltning driven av förnybara energikällor kräver samtidigt goda tekniska kunskaper om exempelvis förnybar elgenerering och om hur ett avsaltningssystem fungerar. Sammantaget var ambitionen att ta fram ett laborationsunderlag som speglar dessa tre olika delar samtidigt och som aktiverar studenter. Vid projektstart var tanken att arbeta med den avsaltningsanläggning som finns i Hallen vid Avdelningen för elektricitetslära, och att labben skulle kunna implementeras i relaterade kurser som gärna arbetar fysiskt med mätningar i labsal. I samband med coronapandemin fick vi tänka om och tog fram ett helt digitalt övningsmaterial istället. Labben kräver tillgång till en dator med god internetuppkoppling, Zoom och Studium. Materialet är uppdelat i studentaktivitet före, under och efter lab/övningstillfället (vidare kallas detta labben). Syftet med denna rapport är att slutredovisa och sammanfatta vårt TUFF-projekt och att inspirera andra lärare till liknande utvecklingsprojekt. Materialet har ännu inte implementerats i någon kurs på grund av coronapandemin som förändrade arbetsbördan för flera kurser och lärare. I denna rapport redovisas material framtaget för före, under och efter den digitala labben, och utöver detta presenterade material finns utkast som beskriver arbete under lab i labsal efter corona samt för utvärdering. Målsättningarna med presentationen av projektet är därför exempelvis:

- Diskutera laborationer inom ingenjörsområdet som tar avstamp i även andra utmaningar än rent tekniska.
- Bidra till diskussionen kring utmaningen med digitala laborationer.
- Uppmuntra till nyskapande tankar kring laborationsmomentet.
- Ta fram och presentera material för ny (digital) lab inom avsaltning som ska kunna passa inom ingenjörskurs framåt.

2. Några arbetssätt som vi använder i förslaget

Här sammanfattas i punktform några av de arbetssätt som studenterna uppmuntras till genom förslaget:

- Läs själva inför kursmoment.
- Diskussionsfrågor som underlag för tankar och samtal.
- Gruppdiskussion.
- Utgå från tidigare experiment: analysera data och figurer från experiment.
- Beskriva teknisk utrustning på foto.
- Besvara frågor.

- Rapportskrivande.
- Muntliga presentationer inom given tidsram.
- Ställa frågor till andra studenter.
- Utvärdering av lab.

Som illustrerat i Figur 1 planeras arbetet inom de tre områdena (etik, teknik och generiska färdigheter) för att samtidigt ingå i respektive tre olika delar av labben (före, under och efter lab).



Figur 1. Foto över laborationsuppställningen vid Avd. för elektricitetslära och en illustration av hur de tre olika fokusområdena (teknik, etik och generiska färdigheter) implementeras i olika delar av labben (före, under och efter lab).

3. Framtaget labmaterial

3.1 Före labtillfället.

Föreslagen läsning: (Li et al., 2018), (*Svergies Ingenjörers Hederskodex*, 2020) och (Mekonnen & Hoekstra, 2016). Föreslagna länkar att titta på: UN water: <https://www.unwater.org/water-facts/>, SDG 6: <https://sdgs.un.org/goals/goal6> och SDG 7: <https://sdgs.un.org/goals/goal7>.

Diskussionsunderlag. Innan lab.

- Läs först de föreslagna texterna och titta på länkarna innan första kurstillfället.
 - I grupper i Zoom, diskutera och försök att besvara frågorna 1-10 tillsammans.
 - I text, besvara frågorna nedan och ange några referenser som stödjer dina tankar. Lämna enskilt in 2-3 A4-sidor (Times New Roman, 12) med dina svar innan labben. Skriv ditt namn och skriv även namnen på de som du har samarbetat med. Notera att det inte är okej att kopiera svaren direkt från hemsidor, böcker (utan korrekt citering eller referering) eller andra studenter osv. Använd dina egna ord.
- Ungefär hur många människor i världen saknar säker tillgång till (a) elektricitet och (b) rent vatten?
 - Beskriv kort hur tillgången på dessa resurser skiljer sig lokalt i olika delar av världen.
 - Diskutera hur du tror att avsaknad av rent vatten och/eller el kan påverka människor.
 - Nämna tre tekniska lösningar som du tror skulle kunna hjälpa för att se till att fler människor får tillgång till rent vatten eller elektricitet.
 - Vad menas med water-energy-food nexus?
 - Vad är avsaltning av havsvatten?
 - Hur fungerar omvänd osmos (eng.: reverse osmosis)?
 - Vilka förnyelsebara energikällor skulle man kunna använda för att driva avsaltningssystem?
 - Nämna några för- och nackdelar med att använda förnyelsebara energikällor för avsaltning.
 - Hur fungerar en DC-to-AC converter?

3.2 Under det digitala labtillfället

Instruktioner. På grund av coronapandemin, så används här en "digital lab" där vi utgår från bilder och frågor över experimentella uppställningen som använts i tidigare experiment som presenterats i en vetenskaplig artikel. Avslutningsvis får ni läsa denna artikel där vidare analys har genomförts med det

aktuella systemet. Diskussionerna sker i grupprum över Zoom. Arbeta med följande uppgifter tillsammans under labtillfället.

Sätt ut bokstäver i figuren som indikerar:

- A. Omvänd osmos-membranen
- B. Spänningsaggregatet
- C. DC/AC-omvandlaren
- D. Pump och motor



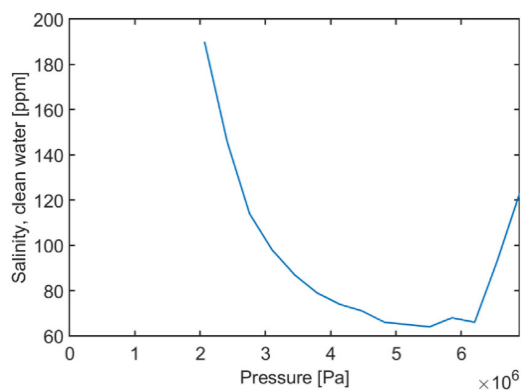
Figur 2. Foto över laborationsuppställningen vid avd. för elektricitetslära.

Du mäter med en TDS-mätare i saltvattnet i akvariet som är blandat för att likna havsvatten. Ungefär vilket värde uppskattar du att mätaren visar?

Antag att omvänd osmos-systemet skulle användas vid kusten. Diskutera vilka miljömässiga aspekter som du skulle behöva ta i beaktning innan du börjar använda systemet.

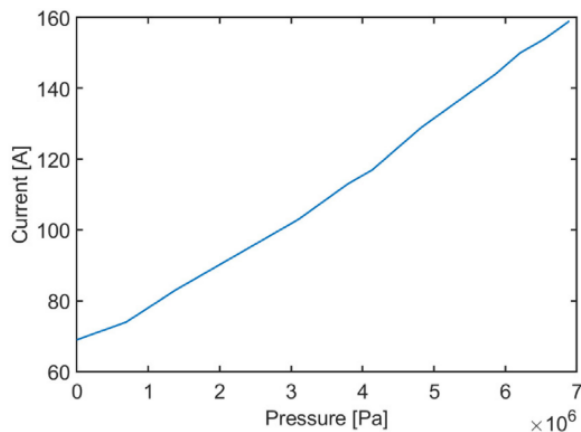
Det finns ett förfilter som i figuren är närmast svart. Hur tror du att ett smutsigt förfilter påverkar systemets funktion? Varför ökar du sakta upp trycket när du kör systemet?

Systemet drivs kontinuerligt med spänningen 12 V. Antag att du mäter upp följande salthalt för olika tryck av din körning. Diskutera om huruvida detta vatten kan vara säkert att dricka. Är det producerade vattnet tillräckligt sött?



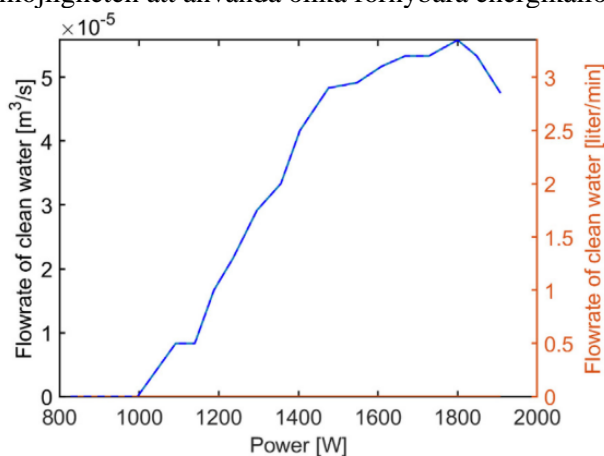
Figur 3. Uppmätt salthalt på utkommande vatten [ppm] från systemet för olika tryck [Pa], från (Leijon et al., 2020).

Antag att du mäter upp strömmen med en multimeter för olika tryck enligt figuren, diskutera vad du behöver veta för att kunna analysera hur effekten från systemet varierar, och vilken effekt som behövs.



Figur 4. Uppmätt ström [A] för olika tryck [Pa], från (Leijon et al., 2020).

Du bestämmer att effekten och flödet av det rena vattnet ut från systemet varierar enligt nedan. Analysera möjligheten att använda olika förnybara energikällor för att driva denna process utifrån kurvan.



Figur 5. Flödes hastighet av det avsaltade vattnet [m³/s] samt givet i annan enhet [liter/min] för olika effekter [W], från (Leijon et al., 2020).

Ur samhällligt perspektiv, vilka för- eller nackdelar ser du med att skapa småskaliga omvänd osmos-system för vattenproduktion? Beskriv på vilka sätt ett sådant system kan vara värdefullt i förhållande till en eller flera av de globala hållbarhetsmålen, Agenda 2030, som du kan läsa mer om exempelvis vid denna länk: <https://sdgs.un.org/goals>. Vilka områden kan behöva överbryggas av samarbeten för att genomföra ett större projekt för avsaltning?

3.3 Efter labbtillfället

A. Skriv en egen rapport om 2-5 A4 sidor som innehåller åtminstone följande delar:

1. Rapporten ska beskriva vad labben går ut på rent tekniskt och resultat som kom ut från denna lab. Dvs. besvara alla frågorna som gavs i instruktionerna för labbtillfället.
2. Rapporten ska även diskutera vattenbrist och elbrist utifrån etiska aspekter.
3. Systemet ska analyseras utefter miljömässiga konsekvenser.
4. Beskriv en fallstudie med en plats i världen där de använder avsaltning och utgå ifrån referenser om detta för att beskriva hur systemet fungerar, hur samhället gynnas av tekniken, hur el- och vattensituationen ser ut lokalt och vilka miljömässiga aspekter som kan vara aktuella att ta hänsyn till.
5. Beskriv några olika sätt som man kan driva avsaltningsanläggningar på och vilka energikällor som isåfall behövs.
6. Diskutera kort på vilket sätt labben kopplar till Sveriges Ingenjörers Hederskodex.
7. Beskriv om det var något särskilt med arbetet som du fann mer intressant eller förvånande.
8. Läs artikeln om labuppställningen (Leijon et al., 2020) och koppla din analys till innehållet i artikeln.

Vidare instruktioner om laborationsrapporten: Rapporten skrivs med Times New Roman, storlek 12 och enkelt radavstånd. Inga kopierade textstycken accepteras om inte korrekt citering används. Inkludera referenser och använd gärna ett referenshanteringsverktyg såsom Mendeley.

B. Förbered enskilt en muntlig presentation som inte är längre än 5 minuter om någon del av laborationen eller arbetet som du tyckte var extra intressant eller tänkvärt. Presentationen ska presenteras vid nästa kurstillfälle. Du kan även få frågor efter din presentation från klassen.

C. Bidra med någon fråga till dina klasskamrater under de muntliga presentationerna. Efter den slutliga muntliga presentationen, besvara utvärderingen av den digitala labben.

4. Presentation och förslag till framtida arbete

Förhoppningen är att labben framöver ska kunna implementeras i en kurs, och att vi ska få in synpunkter på materialet från de studenter som genomför labben, och därav utvärdera arbetet tillsammans med studenter. Därefter kan materialet omstruktureras i enlighet med studenternas synpunkter. Metoden för planering av ett kursmoment (här: digital lab) skulle kunna genomföras baserat på experiment presenterade i andra forskningsartiklar, utifrån tre andra fokusområden (såsom hållbarhetsaspekter rörande miljö, ekonomi och samhälle), eller utgå från en annan typ av kurstillfälle (såsom en räknelektion). Det genomförda projektet har diskuterats med kollegor. Projektansökande har medverkat under nätverksträffarna för TUFF-bidrag. Projektet presenterades vid den digitala TUK-konferensen 2021. Frågor vid konferenspresentationen rörde exempelvis hur en sådan lab kan examineras. En lärare som lyssnade på TUK-konferenspresentationen bjöd in Jennifer till att hålla en föreläsning över Zoom om projektet vid en kurs för nya lärare inom biologi (8BL014). Vidare kan några frågeställningar för framtida arbete inom området vara:

- Kan samtal kring etiska aspekter och en koppling till mänskliga behov, såsom vattenbehov, öka ingenjörstudenternas intresse för den tekniska laborationen?
- Kan en teknisk lab med även utveckling av etiska och generiska färdigheter kunna öka variationen i ingenjörutbildningen och uppmuntra andra studenter än ”traditionella” laborationer?
- På vilket sätt kan ingenjörskurserna utvecklas för att i större utsträckning inkludera och sammankoppla etiska, generiska och tekniska färdigheter?

Slutligen, projektet har fått bidrag från MINT för att vidareutvecklas till en vetenskaplig artikel inom disciplinbaserad utbildningsforskning (DBER) i samråd med handledare från MINT. Arbetet har därför diskuterats med pedagogiska utvecklare. Efter våra första möten så är planen nu att närmare studera huruvida gott samarbete emellan studenterna kan öka intresset för en teknisk lab. Kontakta oss gärna om ni har fler frågor om projektet eller skulle vilja samarbeta.

Referenser

- Boyce, G., Williams, S., Kelly, A., & Yee, H. (2001). Fostering deep and elaborative learning and generic (soft) skill development: the strategic use of case studies in accounting education. *Accounting Education*, 10(1), 37–60. <https://doi.org/10.1080/09639280121889>
- Leijon, J., & Boström, C. (2019). Lärarens arbete mot utveckling av generiska färdigheter och variation i teknikvetenskaplig utbildning genom relationsskapande åtgärder. *Högre Utbildning*, 9(1), 85–97. <https://doi.org/10.23865/hu.v9.1452>
- Leijon, J., Salar, D., Engström, J., Leijon, M., & Boström, C. (2020). Variable renewable energy sources for powering reverse osmosis desalination, with a case study of wave powered desalination for Kilifi, Kenya. *Desalination*, 494, 114669. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114669>
- Li, Z., Siddiqi, A., Anadon, L. D., & Narayanamurti, V. (2018). Towards sustainability in water-energy nexus: Ocean energy for seawater desalination. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(November 2017), 3833–3847. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.087>
- Lubega, W. N., & Farid, A. M. (2016). A Reference System Architecture for the Energy-Water Nexus. *IEEE Systems Journal*, 10(1), 106–116. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2014.2302031>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, 2(2), 1–6. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>
- Shahzad, M. W., Burhan, M., Ang, L., & Ng, K. C. (2017). Energy-water-environment nexus underpinning future desalination sustainability. *Desalination*, 413, 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.03.009>
- Sveriges Ingenjörers Hederskodex. (2020). https://www.sverigesingenjorer.se/om-forbundet/sveriges-ingenjorer/hederskodex/?gclid=CjwKCAjwrPCGBhALEiwAU19X0498rugydAkUI7xHlpa1ZuSXuHz7yPaW_eCaP2YUo3j-iHeqml1fwBoClxgQAvD_BwE
- WHO/Unicef (JMP). (2016). *WASH in the 2030 Agenda*. <https://doi.org/https://www.washdata.org>