

## Vedlegg

### Intervju Kristian Evjen

**Meg:** Kan du begynne med å fortelle litt om deg selv, dine erfaringer og hva du jobber som?

**Kristian:** Jeg er NTH utdannet skipslinjen/marinteknisk og har jobbet med drift, operasjon og prosjekter i snart 30 år. Det siste jeg har gjort er et prosjekt for Halliburton, med et fartøy som går gjennom oljebasene som har et 1-mega-watt-batteripakke. Vi skulle hatt LNG på plass for lenge siden, men det holder vi på med de siste forhandlingene nå med leveransen. Den skal også på land strøm, og har en litt høyere land-strøms-kapasitet enn de fleste fartøyene som går, så vi kan med hele batteripakken ta hele lasting -losse operasjonen på land strøm. Vi tar 600 kilowatt som er kapasiteten på koblingen, men i og med at vi har batteripakken kan vi drive «peak shaving» med batteripakken. Da kjører vi batteripakken ganske lang ned til 30% til vi kommer på land, slik at vi lader opp batteriene når vi legger til kai. Dette er for å kutte drivstoffet på fartøyene.

Dette fartøyet erstatter 3 fartøy, så vi har en ca. 5000 tonn Co2 reduksjoner og 500 tonn NOx reduksjoner på dette.

**Meg:** Vil dette skipet, med disse reduksjonene å forholde seg til IMO sine krav om å halvere klimautslippene fra skipstransport med 50%?

**Kristian:** På kort sikt klarer vi dette. Vi regner med at dette skipet vil gå til ca. 2030. Vi har en 30% Co2 reduksjon på utslippene, men dette holder ikke for det som skal skje innen 2050. Skal vi kutte mye i utslippene må vi gå over til et hydrogen basert fremdrift. Rent hydrogen basert fremdrift, altså H<sub>2</sub> i tanker seg jeg for meg på ferger og hurtigbåter som kan bunkre ofte, men hydrogen på kommersielle skip seg jeg overhodet ingen mulighet til. Tar vi et raskt eksempel, ca. 100 kubikk med diesel vil kreve ca. 200 kubikk med LNG vil kreve ca. 300 kubikk med ammoniakk, og det vil gi 800 kubikk med hydrogen. Hydrogen er flytende med -253°C, LNG er på -143 og ammoniakk er på -32.5. Sammenlikner vi ammoniakk og LNG ser vi det er 50% mer volum i ammoniakk, men ser vi på de omkringliggende systemene på en LNG-løsning er det mer eller mindre samme volum behovet på ammoniakk som LNG i form

av plass for å klare å lagre denne energimengden. Plass klarer vi å få til på et skip, men det er en del vi må gjøre. Ser vi f.eks. på short-sea er dette med bunkring mye hyppigere. Hvis vi da går tilbake til LNG mot diesel operasjonene bunkrer vi annenhver uke og mange trenger ikke å bunkre mer enn en gang i måneden. Går vi over til LNG må vi bunkre en gang i uken, på en fast avtale. Det er det samme med ammoniakk, vi må endre operasjonsmønsteret med en hyppigere bunkrings-sekvens. Dette går helt fint med short-sea, men overseilinger blir det litt mer krevende. Så om for eksempel noen skal seile fra Singapore til Rotterdam må man bunkre flere ganger underveis. Om vi får dette til blir ammoniakk en bra energibærer.

**Meg:** Så du har troen på at vi kommer til å bruke ammoniakk for å nå klimamålene?

**Kristian:** Ja jeg har en klar preferanse for ammoniakk. Det er en substans vi kjenner godt og det fraktes 125 millioner tonn ammoniakk rundt omkring i verden i året, sånn at det ikke er noe nytt å bruke ammoniakk. Det er mye hydrogen tilgjengelig i naturgass, og det meste av ammoniakken vi har i dag kommer fra naturgass. Det vi må se på i fremtiden er å fange karbonet når vi utvinner disse stoffene fra naturgassen. Der er det en del teknologi på vei, blant annet seg-power som holder på med en løsning der de skal bygge en mindre enhet ute på Kolsvik. De utvinner hydrogenet direkte, samtidig som de fanger Co<sub>2</sub>-et. Om de plasserer den i nærheten av landingsområdet for naturgass, kan en eventuelt pumpe co<sub>2</sub> et tilbake i feltet. Det er det de gjøre ute på Kolsvik og returnerer Co<sub>2</sub>. De har fått dette til å virke i mindre skala og de skal nå prøve det i stor skal. Om de får dette til å virke er dette utrolig interessant, fordi om alle i verden skal over til hydrogen er ikke det nok elektrisitet i verden til å drive med elektrolyse for å danne Hydrogen. Det er selvfølgelig mulig å skaffe nok strøm ved å bruke atomkraft, men det er en del grønne som er helt imot dette selv om det ikke slipper ut klimagasser. Ulempen er jo selvfølgelig at avfallet med lagres i titusener av år før det er ufarlig. Men tilbake til hydrogenet, om vi pumper det ned i feltet som vi ser ute ved trollfeltet er dette veldig interessant. Jeg vet det finnes formasjoner i Nordsjøen som kan ta imot all den co<sub>2</sub> vi produserer i de neste 400 år. Co<sub>2</sub> er ganske surt så vi kan ikke ha det ned i kalksteinen eller sandstein, da kan formasjonene bryte sammen. Skifer formasjonene derimot ser ut til å tåle Co<sub>2</sub> en veldig greit.

**Meg:** Kan du fortelle litt om risikoen til de aktuelle energibærerne?

**Kristian:** Begynner vi med ammoniakk så flyter den med  $-32^{\circ}\text{C}$ , kjent stoff og giftig. Så vi har en del nød prosedyrer å se på om det skal oppstå skipskollisjoner, grunnstøting osv. En veldig interessant egenskap ammoniakk har er at den er umiddelbar løselig i vann, så ved en større kollisjon tror jeg løsningen kan være å lekke ut stoffet kontrollert. Så sikkerhetsmessig ville jeg heller valgt ammoniakk over hydrogen. Hydrogen har en så stor tenn hastighet, at den tenner jo ikke det blir en eksplosjon, så jeg liker ikke konseptet med store mengder hydrogen på skip. Spesielt ikke når vi må lagre det med 800-bar. Dette betyr at den du bunkrer fra må ha overtrykk, altså høyere trykk en 800-bar. Derfor syntes jeg hydrogen i rent, flytende form er det for mange ulemper med. På korte distanser kan det gå for de som kan bunkre hver natt som ferger og hurtigbåter der det ikke kan lagre altfor mye.

**Meg:** Hvordan brukes ammoniakk som en energibærer?

**Kristian:** Vi har tre løsninger å få ammoniakk over til energi. Den ene løsningen er å bruke en skipsmotor, jeg er ikke dette er løsningen fordi den har en virkningsprosent på 32%, det er den optimaliserte virkningsgraden, i virkeligheten vil dette være på under 30%. Hvis vi kjører dette via batteri vil vi kunne klare å holde dette opp mot 32%, men uansett er denne metoden ganske ineffektiv. Det andre alternativet er å bruke en sånn solid-oksid brenselcelle. Da kan vi bruke ammoniakken direkte og bruke den direkte i brenselcellen. Men da har vi en brenntemperatur på  $800-900^{\circ}\text{C}$  og ut fra hva jeg har snakket med folk så vil cellene bli ødelagt av den høye brenn temperaturen. Det kjøres forsøk på dette med Eidesvik og Equinox og Proto-tek som skal utvikle et 100 kilowatts brenselcelle som de skal øke opp til 2 megawatts brenselcelle, men som sakt så vidt jeg har forstått så er vil dette føre til ganske høye driftskostnader. Virkningsgraden til dette vil være opp mot 45%, så om vi får til en løsning så det blir en stabil drift hadde dette vært den beste måten, men jeg tror dette ligger litt langt frem. Det siste alternativet er å bruke en PEM-celle, det er et proton ledende membran, men da må vi konvertere ammoniakken. Vi kan ikke bruke den direkte. Vi må konvertere ammoniakken tilbake til Hydrogen. Der er det flere måter å gjøre dette på. En av måtene er å bruke varme, men da bruker vi en del energi og ender opp med en virkningsgrad mellom 38 og 39%. Det gjøres mye forskning på katalysatorer, eller måter å få ammoniakken tilbake til hydrogen. I Japan har vi en del interessante utviklinger hvor de bruker solid katalysator til å konvertere ammoniakken tilbake til hydrogen. Nitrogenet slipper vi tilbake i atmosfæren så det blir en nullsum. Om vi klarer å få den katalysatoren til å fungere, ser det ut til at vi kan få en virkningsgrad sammenliknbart med de so-brenselcellene på 45%. Da er dette en klar måte

vi bør gjøre dette på. Allerede nå finner vi PEM-celler som garanterer driftstid på mellom 25-30 000 timer. Om vi sier 5000 timer i året så vil dette ha en levetid på 5-6 år. Grunnet til at de ikke har lengre levetid er faktisk at de ikke har fått sjansen til å teste de lengre. Det som er helt klart et problem med alle typer brenselcelle er, og dette er ikke kommet frem, men de tåler ikke lastvariasjoner. Om vi last varierer de mye degraderer vi brenselcellen ganske mye. Tar vi eksempel på en båt som går gjennom vannet i motgang, og vi har variasjon i fart siden den kanskje skal gå igjennom trange sund og varierer lasten på motoren. På en vanlig forbrenningsmotor gjør ikke dette så mye, men en brenselcelle vil bryte ned ganske fort. Dette må vi løse med å bruke en batteripakke. Det vil si at brenselcellen ligger og produserer konstant til batteripakken på konstant last som en ren ladning, så er det batteripakken som er motoren din og tar alt av lastvariasjonene. Skal vi ha en 3-mega-watts fremdriftsmaskineri så er det en ganske stor batteripakke som må til, og den koster en del. En slik 3 mega-watts vil koste deg opp mot 30 millioner kroner, de går nå ned i pris fremover, men uansett vil det være en dyr pakke.

En ting jeg vil gå tilbake til er brenselcellene, mange sier de har en 200 kilowatts celler og så videre, men i realiteten så får vi ikke mer en 60-70% ut av cellen. Tar vi mer enn det bryter vi ned cellen ganske fort.

Tilbake til batteriene. De batteripakkene som i dag leveres de trives best med en utladning som er mindre enn kapasiteten, det vil si at du henter ut mindre enn det som er størrelsen på pakken. Det vil si at vi tar ut mindre enn 1C. De batteripakkene vi bruker som ren motor de må være i stand til å ta ut høyere C, og da får vi en raskere nedbryting av batteripakken. Det finnes en del løsninger på det, og vi må se på andre kjemier i batteripakkene, som tåler en høyere utladning. Har vi 1,5 mega watt batteripakke for et 3-mega-watt ut tak, det vil si at vi er oppe på 2C. Det må vi klare å gjøre uten at batteripakkene skal degenerere for raskt. Om vi ikke klarer dette vil driftskostnadene bli for høye. Det er en del utfordringer på dette, men nå går utviklingen utrolig raskt og det gjøres mye god forskning. Japanerne er veldig mye på reformering av ammoniakk til hydrogen. Det er de som er lengst fremme når det er snakk om katalysatorer. Jeg personlig tror at dette vil gå utrolig raskt fremover og vil ikke være forundret om vi har ammoniakk baserte skip på sjøen om 4-5 år for short-sea. Vi må nok ha en nød-diesel ombord for å komme oss dit vi skal tilfelle brenselcellene dine stopper å virke. Der jeg tror vi må jobbe en del med er prediktive power management. Vi må være mer i forkant av forbruket, så når vi seiler en rute må vi kombinere værvarselet, bølgevarselet distanse til neste sted vi kan få land strøm og legge dette inn. Dette gjøres for å få en bedre driftsprofil ved at vi produserer akkurat den mengden energi vi trenger og vi lar utstyret gå

på mye mer optimale produksjonsnivåer. Dette vil bli mye viktigere fremover enn det er i dag. En skipsmaskin er grovmekanikk og den går nesten uansett. Om vi ikke har shut-down som stenger maskinen så går maskinen nesten uansett.

Om vi går over til en annen måte å drifte på, så er ikke det sikkert maskinisten vil være full i olje i fremtiden, de vil se mer ut som steam maskinistene som går i hvite kjeledresser. Det er et helt annet maskinrom vi vil se i fremtiden. Det vil bli store endringer.

**Meg:** vil vi klare å få økonomi til denne omvendingen?

**Kristian:** Dette er det viktigste punktet, og ja det gjør vi. Ammoniakk koster halvparten av MGO for samme energimengde. Ammoniakk er ikke et dyrt produkt, sånn at jeg har veldig tro på at ammoniakk kommer. Det er så mye som skjer på ammoniakk siden om hvordan vi får det tilbake til hydrogen, og i min bok er dette det viktigste spørsmålet. Klarer vi det, vil dette gå ganske fort. Det er mye penger og støtteordninger som er ute og går innenfor dette for øyeblikket. Vi må også regne inn batterikostnadene. Vi må se ammoniakk sammen med batteri og brenselcelle. Ikke brenselcelle alene, for det tror jeg ikke er en løsning som vil la seg gjennomføre på grunn av den nevnte lastvariasjonen vi alltid vil se. I havnen er det kraner og pumper vi også kjører, kranen for eksempel løfter tunge objekter opp, lav effekt når kranen roterer rundt og så har det negativ effekt når du laster ned igjen. Dette gir en ganske ubehagelig drift for en brenselcelle, men en batteripakke svelger dette uten problemer. Ser vi på de tre alternativene hydrogen, ammoniakk og batterier, så er ammoniakk og hydrogenet drivstoff. Batterier er ikke drivstoff, det er bare et lagringsmedium. Det er egentlig ammoniakk også. Det er et lagringsmedium for hydrogen. Vi kan også bruke ammoniakk direkte, men den mest effektive måten er å bruke ammoniakken for å ha en mer kontrollert håndtering og oppbevaring av hydrogenet.

**Meg:** så i fremtiden vil det å bruke alle tre alternativene sammen være den beste måten å omvende havtransporten til å bli en grønn sektor der vi bruker ammoniakk til å lagre hydrogen som vi igjen bruker til å lade et litium batteri for å skaffe en jevn last-variasjon slik at cellene ikke blir skadet?

**Kristian:** Ja, helt riktig. Batterier som litium batterier er kommet for å bli og det er en god positiv utvikling på det, men det må gjøres en del på batteri kjemien. Bilbatteriene er lengre kommet enn skips batteriene. Det er veitransporten som driver batteri utviklingen. Ser vi på

en Tesla som har 100 kilowatt, kan motoren ofte ha 400 kilowatt, det gjør at vi får en ganske høy C. Bare skal vi akselerere ut ifra et veikryss kan vi bruke opp mot 2-3C i en bilmotor. Driftstiden på en bil er derimot mye lavere enn i en skipsmaskin, men det er bil industrien som vil drive dette og folk er redd for degenerering av batteri kapasiteten. Jeg har diskutert en del med Veritas og de har gjort langtidstester og de fant at vi ikke får en stor degenerering de første 12-15 årene, men det kommer an på hvor mye du tar ut av batteriet. Tar vi høy energimengde ut av batteriet hyppig, så får vi en varmegang i batteriet som fører til en avsetning til katodene. Det vil redusere effekten av dem. Det gjenstår å se, om prisen på batteriene blir lav nok, og om vi klarer å slutte å bruke sjeldne stoffer i batterier. Batterier vil nok uansett aldri få nok kapasitet til å drive et skip over lengre avstander. Det er ikke mulig å få det til. Fra vi begynte å diskutere batteripakker tilbake i 2014 med Corvus til vi fikk den ombord halverte de størrelsen på den og vi gikk ned 20% i pris på 2 år. Så det vil være en stor forbedring på batteriene, men aldri nok til å drive store fartøy over lengre distanser. Vi må ha en annen energibærer, som jeg mener er hydrogen ombord på skip, men i form av at det er ammoniakk som er lagringsmedium. For å klare dette i nærmeste fremtid vil vi måtte bruke det som kalles blått hydrogen, som er utvunnet av naturgass.

En viktig ting som må sørges for, slik at dette skal gå riktig vei er at CO<sub>2</sub> utslipp må skattlegges mye kraftigere. Da vil vi kunne drive dette raskere frem. I dag har vi NO<sub>x</sub> avgifter som er ganske tøffe, og det har drevet overgangen til LNG baserte fartøy, vi ha fått katalysatorer og mye har skjedd på grunn av høye NO<sub>x</sub> avgifter, og jeg tror det samme må skje med CO<sub>2</sub>. Det er helt klart rom for at sluttbrukeren å betale noe mer for sjøfrakten. Vi må også gi de samme avgiftene på land, det er helt håpløst på hvordan vi driver i dag. Det er bring, som er eid av posten, som er igjen eid av staten som presser prisene så langt ned at det ikke er lønnsomt og unaturlig lave. Hadde vi fått en bedre balanse mellom sjø og vann tror jeg mye mer hadde blitt sendt på vann. Det er jo mange som er ansatte som lastebilsjåfører, så dette er lite populær politikk, men jeg tror dette må tas tak i.

**Meg:** Så du mener kravene til IMO om å halvere utslippene er nødvendig og rettferdige?

**Kristian:** De må gjøre dette her. Tar vi et eksempel igjen, jeg er flink på det. I år 2000 skulle alle biler i California ikke drives av forbrenningsmotorer. Det som skjedd på slutten av 90-tallet var at amerikansk bilindustri klarte å lure vekk dette kravet. Ergo så skjedde det ingen ting med batteribiler og hydrogenbiler og det falt dødt. Så begynte noen land i Europa når

tesla kom med elektriske biler å tenke at dette her er noe de må ta tak i. Da hadde det gått 12-15 år fra først da California bestemte seg for å ta tak i dette. Og nå i det siste har det vist seg at elektriske biler er faktisk lønnsomt for samfunnet og ikke minst forbrukeren. Det er heller ikke lenge før batterier og den elektriske motoren vil ha en laver pris enn en forbrenningsmotor. Dette er litt det samme som IMO. Om de ikke klarer å holde på kravet, så vil folk prøve å utsette dette da det krever en del investeringer, skip og teknologiutvikling. Det koster penger. Tar de vekk kravet vil det være en fordel for lav-kostnad shipping nasjoner som driver veldig billig. Det vil gjøre det vanskelig for mer teknologibaserte nasjoner å konkurrere på pris. Om de holder på kravet vil det være en stor fordel for avanserte shipping nasjoner sånn som Norge siden vi vil kunne utvikle og være i forkant av utviklingen. For oss er derfor IMO sine krav viktig å holde på og en lettelse på kravet vil være en katastrofe.

Kristian mener en hybrid der alle energibærerne blir brukt sammen er den rette løsningen.

Kravet er lønnsomt for avanserte shipping marked som Norge, og fra et kommersielt synspunkt er IMO kravet utrolig viktig å holde på for å kunne være konkurransedyktig.

## Intervju Finn Tore

**Meg:** Kan du begynne å snakke litt om deg selv, hva du jobber som, utdanning, og tidligere erfaringer?

**Finn Tore:** Ja, altså jeg kan begynne å fortelle om hva jeg jobber som nå. Jeg jobber på HiB, altså samme institutt som du studerer på, men jeg jobber som senior ingeniør og er egentlig en potet, styrer med utrolig mye rart, men er ansvarlig for hybridlabben vår, som er i kjelleren på NMK-bygget og så er jeg litt ansvarlig for dette gass kurset vi kjører gjennom NTNU for sjøfolk som skal seile med båter som gass som drivstoff må innom oss og få en oppgradering og sertifikat, da leverer vi treningen og teorien for at de skal få et slikt sertifikat. Jeg har også en liten rolle som teknisk inspektør for Gunnerus, forskningsfartøyet for NTNU. Vi knytter skipet inn i simulatoren og er ganske involvert der. Jeg studerer også litt på siden og tar fag. Bakgrunnen in er maskinsjef og jeg har seilt til sammen i 13 år. De første 8 årene var på tankbåt på bøyelaster i Nordsjøen og Europa. Vi fraktet råolje rundt omkring i hele Europa.

De siste 7 årene var jeg på sien, et offshore firma om dykking og konstruksjon borti Mexicogolfen i 2 år og ankerhåndtering, bygging og drift av det siste delen. Så i 2011 gikk jeg på land og begynte i Rolls Royce og da jeg var innom der som prosjektleder i et hemo-prosjekt, vi skulle installere sensorer og ekstraustyr på båter og samle inn data for å si noe om tilstanden på utstyret. Så i 2014 begynte jeg på høyskolen i Ålesund som ble til NTNU etter hvert. Før det har jeg også fagbrev i automasjonsmekanikker og jobbet på fiskebåter og litt forskjellig.

**Meg:** De sertifikatene dere er ansvarlig for, hvilken typer gasser gjelder dette?

**Finn Tore:** Det er egentlig kun naturgass, eller LNG som er i vinden.

**Meg:** Så gasser som hydrogen gjelder ikke der?

**Finn Tore:** Nei, det er vel ingen, eller veldig få som går rundt på sjøen og driver med hydrogen som drivstoff. Det er vel noen få tilfeller i Nederland som driver med dette som et forskningsprosjekt, men det er ikke stort utbredt.

**Meg:** Hva mener du om kravene til IMO om å halvere utslippene på sjøtransporten innen 2050?

**Finn Tore:** Det er jo vanskelige mål da, men det er helt sikkert nødvendig, ser vi rundt oss og på all den forskningen som viser ril global oppvarming og utslipp er ikke det positivt for noen, så det må gjøres noe. Så det å få ned utslippene innenfor skipstrafikk er relevant og på tide. Det som jeg ser er at de også skal øke trafikken, og hvordan de skal øke denne trafikken, samtidig som de skal få ned utslippene. Så i teorien må hver båt gå ned mer enn 50% i utslipp da det kommer hele tiden nye skip. Om vi innfører ca. 25% flere skip over en periode og de skipene vi har skal halvere sine utslipp må jo alle nye skip ha nullutslipp for at dette skal gå opp, så jeg vet ikke hvordan dette vil se ut i praksis. Vi får bare vente å se.

**Meg:** Hvilken alternativer tror du vi har for å nå disse målene?

**Finn Tore:** Jeg tenker litt mer modulering og se litt an på hva vi gjør, hva er det vi mennesker som gjør slik at det blir så mye utslipp. For det er jo fryktelig lett å sitte på nettet og handle



ting og frakte det verden over, eller vi har lyst å reise dit. Alt det vi har lyst og gjør krever et energiforbruk, og energien må jo komme fra noe. Greit nok om energien kom fra sol, vind eller andre fornybare kilder hadde dette fungert, men slik er det ikke i dag. Vi får sikkert omgjort det vi bruker i dag, eller nivået vi bruker i dag og erstatter det med grønn energi, men skal vi fortsette å øke Det hjelper ikke å lage noe mer energieffektivt så lenge du bare gjør mer av det. For eksempel kjøpet du en elbil og så tenker du at det er så billig å kjøre elbil, så da kjører du bare mer. Det fører jo bare til at vi bruker mer energi. Det er fra egne erfaringer dette her.

**Meg:** så kjører du elbil selv?

**Finn Tore:** Jada, det har jeg gjort i 6 år og det funker fint.

Så jeg syntes det er fint IMO setter de kravene og håper de følger det opp. Det er en del politikk rund dette her, det er det som vil kunne ødelegge mest av alt, og ikke minst økonomi. Etter mitt syn så henger ikke økonomi og miljø sammen. De går ikke parallelt. Gjør du noe med det ene så gjør det noe med det andre.

Det er jo mest politikk, hvem sitter igjen med regningen? Politikerende legger jo planen om hvor miljøvennlig vi skal være, så pålegger de fylkeskommunene, og de følger jo opp ikke sant, og så får vi en ferge med batteri, men det er jo faktisk mye dyrere å bygge det, for det kommer ukjente kostnader. Og til slutt er det forbrukeren som må betale for det siden regjeringen ikke følger etterpå med penger for å dekke opp. Da er det du og jeg som tar ferge som sitter igjen med regningen.

Men så klart for teknologiutviklingen er det litt spennende, for det er jo på den måten LNG ble et drivstoff på båt. Det var på grunn av fergen Glutra. Det var tilgang på naturgass, og ble satt et krav om at den skulle gå på gassdrift og de fikk det til. Men det er rart at flere skip ikke er ombygd til LNG.

**Meg:** kan du fortelle litt om dine meninger om bruk av hydrogen på skip?

**Finn Tore:** Ja, det er jo litt delt. Det er jo spennende og nytt. Personlig liker jeg nye ting, men jeg ser det er store utfordringer. Hydrogen er så mye mer ekstremt enn naturgass. Naturgass klarer vi å kontrollere, men flytende hydrogen som er på  $-250^{\circ}\text{C}$  og hva som må til for å holde på dette. Hydrogenmolekylet er jo det minste, og det lekker jo igjennom nesten hva som helst,

så vi må ha spesielle legeringer for å stoppe en lekkasje. Det er jo så ekstremt lettantennelig. LNG for eksempel kan vi ikke antenne med statisk elektrisitet fra klær, men er det hydrogengass er det nok. Det skal så lite til for å fyre den opp. Så som vi ser er det ganske store utfordringer for å få dette til å fungere som drivstoff.

Det er jo også dette om hvor miljøvennlig det egentlig er med dette hydrogenet, jeg har jo fulgt litt med om det som heter virkningsgrad, og energivirkningsgrad så er jo dette veldig dårlig på hydrogen, og skal du ha det på skip tar det mye mer plass enn hva vi er vant til. Om vi f.eks. bruker diesel. Da på en kubikk diesel kommer du en bestemt lengde. Skal vi ha naturgass eller LNG for å komme den samme lengden må vi ha 1.5 kubikk, altså 50% mer plass til drivstoff. Og til slutt skal vi ha hydrogen må vi ha rundt 50% mer plass enn det LNG har, så det blir omtrent dobbelt så mye plass vi trenger til hydrogen enn hva som trengs på diesel. Disse tallene er ikke helt kvalitetssikret, men viser at vi må ha omtrent dobbelt så stor plass for drivstoff skal vi bruke hydrogen.

Derfor mener jeg at hydrogen ikke vil være egnet til mer enn små-trafikk og kortere seilaser. Kanskje over fra Norge til England, men på lengre seilaser som over Stillehavet vil vi få med oss så lite last skal vi bruke hydrogen på grunn av de store tankene, og da vil det bare ende opp med at vi trenger flere skip som kjører ruten og bruker mer energi.

**Meg:** Om vi går over til ammoniakk, kan du fortelle litt om dine meninger angående det?

Finn Tore: Jeg har ikke sett så mye om det, bare hørt litt at kollegaer har snakket om det. Men sånn jeg ser det er det bare en annen form for å lagre hydrogen på. Sånn jeg ser det er det en litt bedre måte å lagre det på, da du kan lagre det i væskeform på mer vanlige tanker i  $-34^{\circ}\text{C}$  og ikke  $-250^{\circ}\text{C}$  som med rent flytende hydrogen.

Jeg har hørt om forskjellig forskning på motorer som drives av ammoniakk, sånn som Wartsila hadde et seminar i sommer der de fortalte om deres tankegang rundt drivstoff og de utvikler motorene sine for å kunne gå på ulike typer form for drivstoff, og da er det gjerne ikke en type, men blanding av flere. Jeg har lest så vidt at de snakker om hydrogeninnblanding i en vanlig forbrenningsmotor, men det som er vanskelig da er at vi ikke kan få en stempelmotor til å gå på hydrogen, direkte enda da tenn hastigheten er så ekstrem at det blir så kraftig trykkøkning inn i motoren. Men blandes det inn og settes sammen av flere så det blir det vi kaller multifuel kan vi bedre kontrollere dette. Dette blir ikke null-utslipp da. Nei så det med ammoniakk og hydrogen er jo at det forskes mye på og det er vanskelig å si noe om fremtiden enda.

**Meg:** Så om vi går over til det siste alternativet å bruke litium-batterier, hva mener du om dette?

**Finn Tore:** Jo, batterier må jo lades opp, og så har det energi som vi kan konvertere til kraft og drive en propell. Batteri er veldig kurant til sånn små-trafikk som f.eks. fergekryssing og steder vi kan lade hyppig. Da trenger vi ikke store mengder med batteri for vi lader ofte. Over lengre reiser vil dagens batterier ha problemer, men det skjer jo ting hele tiden ta med energitettheten. Energitettheten er hvor mye energi vi får per vekt, så om vi har 10 tonn med batteri kan vi få så og så mye energi inn på de 10 tonnene. Om vi etter hvert kan øke denne energitettheten så vi får dobbelt så mye energi på den samme vekten og volumet kan vi jo gå dobbelt så langt med samme fysiske størrelsen på batteriet.

Sårklart om politikerne sier noe, hopper jo næringen og industrien i veien og sier kanskje her kan det være en fremtidig potensial i vekst, men det er ikke alt som blir prøvd som vil ha noe å si i virkeligheten.

**Meg:** Er det noe mer jeg kunne spurt om angående temaet vi ikke har nevnt?

**Finn Tore:** Nei si det. Det er kommet frem mye, og jeg tror ikke det er bra å snakke for mye om det. Det er en konkret problemstilling og jeg tenker dette er formet ut for at du skal kunne klare det. Men kanskje vi kunne nevnt noe med logistikk. Det er jo det som er problemet med LNG for det må jo lagres og fraktes nedkjølt. Det lagres jo på  $-163^{\circ}\text{C}$  og da er det ikke så lett å få tak i det over alt. Så bunkring er ikke lett over alt. Samme problem vil det kunne bli for hydrogen. Skal vi ha det i flytende form er det samme problematikken som for LNG, gassform er det kanskje lettere å lagre det hvor som helst, men det er dette med energi per volum som blir ugunstig. Siste er strøm for å lade batterier. Vi kan jo ikke dra rundt på alle mulige små kaier med batteribåt siden vi får ikke mulighet til å lade opp.

Så hvert av de drivstoffene har egentlig sin nytte på sin plass til sitt formål.

Tar vi et eksempel med bil, siden mange klarer å forholde seg til dette. El-bil er egentlige det beste for sånn småkjøring opp til 20 mil. Da er det ganske raskt å fylle på og det tar ikke al verden med vekt i bilen. Men skal vi kjøre 50-60 mil må vi ha med oss så mye vekt i bilen for å klare å dra så langt, og da er kanskje hydrogen bedre siden vi kan fylle oftere og kommer samme distanse med lavere vekt på bilen. Og skal vi enda lengre enn det er kanskje ikke hydrogen tingen.

Så for skip så er batterier egnet for fjordkryssing og slikt, hydrogenskip kan kanskje dra litt lengre, men skal du krysse Atlanteren med last vil fossile drivstoff være løsningen ganske langt fremover, skal du ha med deg last. Det har med energitettheten å gjøre og energi per vekt og volum og hvilken virkningsgrad vi får ut av energien til propellen.

## Intervju Vilmar Æsøy

**Meg:** Er det greit jeg tar opp samtalen?

**Vilmar:** Ja

**Meg:** og når jeg skal referere til deg i oppgaven, skal jeg bruke professor med NTNU Ålesund, eller kan jeg bruke navnet ditt? Spør om dette tilfelle du har kontroversielle meninger, siden jeg vil helst at du skal si det sånn du mener.

**Vilmar:** Um, kan vi ta det etterpå? Jeg vil gjerne vite litt mer på hva jeg skal utale meg om, så jeg har vel egentlig ikke kontroversielle meninger, men av og til så utaler jeg meg litt fritt.

**Meg:** okay, så kan du begynne med å snakke litt om deg selv, hva du jobber som og tidligere erfaringer?

**Vilmar:** ja, jeg jobber jo med undervisning og forskning på NTNU Ålesund og jeg har jobbet med det i 20 år ca. Og det er ingeniørfaget jeg underviser i, og mitt spesielle område innenfor ingeniørfaget er energiteknikk og alternative drivstoff som jeg har jobbet med i mange år. Det har vært mest LNG og bruk av naturgass. Ellers har jeg en veldig allsidig bakgrunn, jeg har jobbet i maritim industri en del og på skipsverk, så jeg har en ganske brei teknisk bakgrunn. Det er maskin retning jeg gikk og jeg har en doktorgrad for termodynamikk og forbrenning.

**Meg:** Så hva mener du om kravene til IMO om å halvere utslipp som skyldes skipsfart innen 2050?

**Vilmar:** Seg syntes det er gode mål, vi må ha mål og dette er gode mål og oppnåelige mål. Det kan selvfølgelig ikke oppnås med ett tiltak, men det kan vi få til med en kombinasjon av flere tiltak og de har jo allerede redusert veldig mye innenfor internasjonal skipsfart bare gjennom det som heter «Slow Steaming», altså med redusert frakt og flåteoptimalisering og logistikk-optimalisering. Allerede der har de klart å kutte veldig mye i forhold til det de bruker som referanseforhold så muligheten for å kutte mye utslipp innenfor maritim sektor er et oppnåelig. Det som vi ser som bortimot uoppnåelig er null-utslipps kravet, det som etter 2100 er målet å bli helt nullutslipp. Det er jo et flott mål, men jeg ser det som urealistisk. Så du kan knipe utslippene til en viss grense, men da møter du visse fysiske og økonomiske begrensinger som gjør at det blir så kostbart og komplisert at du ikke kommer videre. Som det ser ut i dag må vi nok over til kjernekraft. Det er det eneste alternativet som er realistisk at vi utnytter en eller annen form for sikker kjernekraft.

**Meg:** Tror du folk vil godta det? Det er jo mange som er helt imot det med atom- og kjernekraft

**Vilmar:** Jeg tror det blir bundet mye ut i mangel på kunnskap og informasjon. Det jeg har lest om utviklingen er at disse her nye reaktorene, salt-smelte reaktorene som de kaller det, de er regnet som en veldig sikker og trykk teknologi, fordi der er det en reaktor som nesten ikke produserer avfallsstoffer, den negative siden med kjernekraft er jo at vi stort sett får veldig store mengder med radioaktivt avfall som vi må håndtere etterpå. Så det er jo der det store negative haken henger med kjernekraft. Men jeg har forstått det slik at de nye reaktorene utnytter mye bedre råstoffet og dermed produserer mye mindre avfallsstoffer. Jeg er nokså sikker på at dette er en teknologi som vil komme, men det er en annen hake med kjernekraft, og det er jo at det er ganske knyttet opp til våpenindustrien da, og den kalde krigen og dette med atomvåpen så om de store nasjonene vil tillate at det blir en kommersielt tilgjengelig vare er dette et politisk hinder vi må overkomme i forhold til det som har med våpen og den militære.

Men slik jeg forstår det så produserer den nye metoden så lite, og egentlig ikke materiell som kan brukes i våpen. For en stor del av atomkraften var for å produsere våpen, altså atomkraftverkene har en biproduksjon som rett og slett er militært råstoff, så driveren for å utvikle atomkraft har gjerne vært våpenindustrien og stormaktene som har drevet fram.

Men vi skal ikke snakke så mye om det, som sakt er min tro på det om vi skal komme ned på nullutslipp og løse det store problemet innenfor det store energiproblemet er at vi må ta i bruk en eller annen form for kjernekraft.

**Meg:** Så om vi skal bruke kjernekraft, bruker vi den i selve skipet, eller bruker vi det på land for å produsere energi der?

**Vilmar:** Det er to måter å utnytte kjernekraft på. Du kan enten ha kjernekraft på land og produsere i prinsippet bruke kjernekraften til å produsere en energibærer. Hydrogen kan være et eksempel på det, eller produsere det vi kaller et syntetisk drivstoff basert på kjernekraften. Så bruker vi det i båten, eller en bil.

I praksis kan vi si at alle mindre fartøy og biler og kjøretøy er for små til å ha en atomreaktor ombord. En atomreaktor der du produserer det direkte på skipet er kun for store fartøy som bulkskip, container-skip og andre som har plass til det.

Jeg snakker kun om det jeg tror nå da, det er så mange andre ting som har sine begrensinger så det er vanskelig å tru at det vil fungere. I dag er det ingenting som gir tilstrekkelig nok energi for å løse de utfordringene vi har i fremtiden utenom atomkraft. Det er kun den teknologien som allerede finnes. Alternativet er at vi klarer å utvikle en annen måte å hente energi fra. For eksempel fornybar energi møter taket ganske raskt for det er jo begrenset. Vi kan ikke dekke jordkloden med vindmøller eller solceller, det er helt umulig det, så vi kan spe på litt energi fra fornybare kilder, men vi klarer ikke å skaffe nok energi til alt vi trenger.

Så det er jo som de sier, fremtiden blir nok mest sannsynlig en blanding av mange forskjellige ting, det vil nok bli en utnyttelse av alle måter fornybare energikilder så langt vi kan, og en kombinasjon av det meste. Men vi ser jo nå hva som skjer med utbyggingen av vindkraft i Norge, de møter jo en vegg der det er motsetningsforhold der det stopper litt seg selv. Det har med at konsekvensene med for eksempel vindkraft i Norge er naturen og inngrep i naturen som bli så store i forhold til hva vi får av energi. Vi må balansere, det er som en vekt dette og om ulempene blir så store og tunge får det så stor motstand mot seg.

Jeg så faktisk et regnestykke i dag i avisen. De vindmøllene som skal opp ut på Haramsøya, de produserer kanskje nok energi til å drive 2 fiskefartøy, så det er ikke veldig mye vi snakker om. Så det er det som er utfordringen.

Den store tingen er jo effektivisering og redusere forbruket. Den maritime sektoren har jo stor potensiale til å effektivisere og redusere forbruke gjennom dette. Men der igjen ligger jo utfordringen i internasjonalt regelverk, og måter å styre på slik at det blir konkurransemessig

riktig. Det som er problemet i dag, er det at det hjelper jo ikke at vi bygger miljøvennlige fartøy her i Norge når de ikke klarer å konkurrere ute i den store verden. Shipping er jo en global business. Så vi må ha et internasjonalt regelverk og det er veldig viktig det IMO har gjort og nettopp tar ansvaret og flagger et internasjonalt regelverk og målsetting. Hvis ikke dette hadde skjedd er det veldig vanskelig for de som går først og er miljøvennlig vil bli utkonkurrert av de som kjører på vanlig drivstoff og ikke bryr seg. Det er veldig komplisert dette her, men det er jo så enkelt å si at det er den økonomiske og markedskreftene som styrer stort sett alt. Det hjelper ikke hvor idealistisk du er, da er du den som blir utkonkurrert til syvende sist. Så vi trenger et internasjonalt regelverk.

**Meg:** Så hvordan er troen din på hydrogen, ammoniakk og litium-batterier som energikilder?

**Vilmar:** Jeg har tro på alle de vil bli brukt til sitt formål. Altså batteridrevne ferger og båter som går korte ruter og kan lade. Det som er utfordringen med batterier og hydrogen er rekkevidden. Så alle de teknologiene på tilpasset rekkevidden. De vil kunne brukes der rekkevidden er passelig og lademulighetene og ladetiden er tilstrekkelig til å drifte de på en fornuftig måte.

**Meg:** så det å kunne bunkre ofte er viktig?

**Vilmar:** Ja det er viktig fordi at om vi ser på den plassen som trengs ombord for f.eks. hydrogentanker er det nesten ti ganger mer enn hva som trengs for vanlige drivstoff. Så om vi tar en båt, og ser på tankene til den må vi gange den med ti, fordi at energitettheten per volum er altfor lav. Selv om vi har flytende hydrogen, som trengs å kjøles ned til  $-250^{\circ}\text{C}$  som bruker mye energi, og likevel er energitettheten veldig lav. Så vi må regne med å ofre plass, eller bygge helt andre type skip som har satt av spesiell plass til tankene. Så det er ikke sikkert vi kan bruke et skip sånn som det er designet i dag. Vi må nok ha spesiallaget fartøy. Det er nok derfor mange sitter og venter for å se hva som blir det neste. For et skip som bygges i dag skal gjerne brukes 30-40 år framover i tid, så da hjelper det å bygge det slik at det er tilpasset framtiden.

**Meg:** Risikosekt, hva mener du om hydrogen da?

**Vilmar:** Jo altså jeg har jobbet lenge med gass, det var naturgass og det er jo en veldig snill gass, og risikoen er veldig lav egentlig, men likevel er det utviklet strenge regimer med sikkerhet ombord o de båtene som bruker LNG, og vi må jo ha tilsvarende system ganger 2, 3 eller 4 på et hydrogenfartøy. Hydrogen er jo ekstremt lett antennelig, så jeg kan ikke si jeg vil anbefale hydrogen ombord i et skip før vi ser veldig sikre løsninger. Disse veldig sikre løsningene betyr også veldig kostbare avanserte løsninger. De båtene de bygger nå, eller er prosjektert for å gå på hydrogen der ser vi at tankene gjerne er på dekk, slik at vi har minst mulig hydrogen i lukket rom. Faren er jo eksplosjonsfaren om det skjer en lekkasje.

**Meg:** Hva er dine meninger om ammoniakk, bruken og sikkerheten til det?

**Vilmar:** Ja ammoniakk det er jo hydrogen bundet til nitrogen. Så ammoniakk kan du egentlig betrakte som hydrogen. De tar jo hydrogenet og kjører det gjennom en kjemisk prosess så det binder seg til nitrogen. Så da får vi et karbonfritt hydrogen drivstoff. Ammoniakk blir jo brukt som kjølemedium og har forskjellige egenskaper og har blitt brukt lenge. Det er to kjente bruksområder for ammoniakk, de er jo produksjon av kunstgjødsel, det er der det meste går, og så blir det brukt som kjølemedium i store kjøleanlegg. Så ammoniakk har vi allerede ombord i mange skip. Så det er jo allerede kjent og problematikken rundt det.

Det er jo ekstremt giftig da, så om vi får en lekkasje av det er jo det direkte dødelig og er etsende på lunge og pusteorgan. Så det kan medføre alvorlige helseskader og død. Så vi må ha det i lukkede og sikre systemer ombord. For å unngå lekkasje. Energitettheten til ammoniakk er litt høyere per volum, så den kan vi lagre nedkjølt til  $-34^{\circ}\text{C}$  er den flytene. Det er ikke som hydrogen som må ned til  $-250^{\circ}\text{C}$ .

Så ammoniakk er jo en av de stoffene de nå ser på som å bruke som drivstoff. Vi kan bruke det i brenselcelle og omforme det til energi, og vi kan bruke det direkte i motor. Wärtsilä har begynt å teste det med å brenne ammoniakk.

**Meg:** Vet du energieffektiviteten til de forskjellige måtene?

**Vilmar:** Jeg tror at om vi skal ha det gjennom en brenselcelle uansett må omformes til hydrogen, og den prosessen krever en del energi. Og brenselcellegraden er jo, eller de som skryter av brenselcelle sier jo at vi kan få en utnyttelse på 60%, men virkeligheten er nok en del lavere. Så jeg tror at virksomhetsmessig tror jeg at vi kommer like godt ut med en vanlig forbrenningsprosess i en motor som vi gjør med en brenselcelle, ombord i fartøyet da. I hvert



fall når vi snakker om store skipsdiesel-motorer. De har allerede en virkningsgrad på 50%, og jeg tror det er vanskelig å tenke seg brenselceller som har bedre enn 50% virkningsgrad. Men som sakt så er dette her litt sånn basert på at det er usikkert og det er teknologi vi ikke har testet helt enda. Men sannsynligvis virksomhetsmessig så tror jeg det vil bli cirka det samme. Så er det jo det at brenselceller har en levetid som gjør at virkningsgraden går ned. Det er det samme med batteri, at batteriene blir dårligere og dårligere desto eldre de blir, og vi må jo skifte ut disse elementene etter hvert for å opprettholde virkningsgraden. Dette er bare cirka tall, jeg tror ikke noen har nøyaktige tall.

**Meg:** Men er det med dagens teknologi de sier vi kan få opp til 60% virkningsgrad med å kjøre den gjennom en brenselcelle?

**Vilmar:** Ja

**Meg:** så du tror ikke vi i fremtiden kan gå høyere? Som f.eks. opp mot 80%?

**Vilmar:** Nei, problemet med all sånn teknologi er at det er en teoretisk øvrig grense. Det som er synd med alle sånne prosesser, enten det er brenselcelle eller motorprosesser er det at de går mot en maks teoretisk virkningsgrad. En dieselmotor for eksempel kan du regne på teoretisk, og finne at absolutt maks teoretisk virkningsgrad for dieselmotor der det er perfekt og du kan ikke komme lengre, så er det kanskje en virkningsgrad på 63%. Så det du hele tiden gjør er at du presser deg opp mot den virkningsgraden som er teoretisk mulig. Og på dieselmotor er den praktiske virkningsgraden rundt en 50%.

Over det er umulig å komme for da må du begynne å bryte med naturlover, det samme gjelder for en brenselcelle. Det er en grense du aldri kan komme over.

**Meg:** Jo det var greit og nyttig å vite.

**Vilmar:** Jeg vet dette høres ulogisk ut, men den eneste måten å komme høyere er å utnytte spinnvarme som vi kaller det, siden alle sånne prosesser produserer varme. Det gjør en dieselmotor som går ut gjennom eksosen og opp gjennom kjølevannet. Det samme gjør en brenselcelle, den må ha kjølevann og kjøles. Så det produseres gjerne en stor del varme. Om vi klarer å utnytte den varmen og bruke den, da kan vi øke virkningsgraden. Eller vi øker egentlig totalvirksomhetsgraden, men det er det samme for en dieselmotor og en brenselcelle.

Akkurat det samme, vi kan utnytte spinnvarmen. Så om de begynner å snakke om en virkningsgrad over 60% og oppover er det alltid snakk om at de utnytter spinnvarmen. Problemet er at ombord i en båt er dette veldig vanskelig. På land kan du utnytte spinnvarmen og bruke den til å varme opp hus og bygninger og svømmehaller osv. men ombord i en båt er det kun en begrenset del av den varmen vi kan utnytte.

**Meg:** Men bruker vi noe av den spinnvarmen i dag til å varme opp lugarer og deler av skipet?

**Vilmar:** Ja, de bruke jo spinnvarmen til oppvarming, men de gjør det i alt for liten grad fordi at drivstoffet har tradisjonelt vært alt for billig så det lønner seg å bare bruke elektrisk oppvarming. Det vil si at vi tar en dieselmotor og produserer strøm, så tar vi den strømmen til å produsere varme. Så utfordringen der er at løsninger for å utvinne spinnvarmen har blitt sett vekk på, på grunn av drivstoff har vært for billig slik at det ikke lønner seg. Men på nye miljøfartøy de har bygget i senere år, der utnytter de helt klart spinnvarmen ombord. Om vi ser på f.eks. «Color hybrid» fergen som de bygde på Ulstein har veldig avanserte varme/igjenvinningsystem og i tillegg har den batteriløsninger så de kan kjøre til og fra havn.

Så spinnvarme er ikke spesielt mye du kan utvinne, men det er en god del. Spesielt på et cruiseskip og passasjerbåter kan vi utvinne mye av varmen, og ikke bare produsere varme, vi kan snu på den til å drive en aircondition, det er litt spesielt, men vi kan utvinne varme til å kjøle med.

**Meg:** Om vi kan snakke litt om det siste alternativet, litium batterier. Hva er dine meninger om bruk, og risiko om det? Vil vi klare å drive store fartøy kun på batterier og land strøm?

**Vilmar:** Nei, nei det er ikke mulig. Når det er snakk om batterier, er det viktigste vekt og volum. Skal vi ha nok batterikapasitet til å drive et stort skip med en lang rekkevidde så blir det lett å regne på. Jeg kan gi deg et tall. Skal vi si vi har 100 kilowatt timer veier et tonn. Altså ett tonn gir deg 100kw timer. Eller kanskje ikke et tonn, vi sier 500kg for å være litt snill. 500kg får vi 100kw timer. Tar vi et skip og gir det 20 mega watt og det skal gå i en time, da må vi ha 20 mega watt timer, så det blir 200 ganger og da må vi ha 100 tonn med batterier, per time, per time! Så om vi skal gå i 10 timer må vi ha 1000 tonn. Dette er bare hoderegning da, og det er lett å regne ut at batteri stopper på vekt.

Dette er den ene begrensingen på et skip, den andre er at vi må være klar over at de batteriene vi har i dag er jo en begrenset ressurs, altså vi har nok til å lage batterier til mobiler og sånne ting, men hvor mange mobilbatterier må vi ha for å drive et skip fremover? Det er også lett å regne ut. Det blir mange batterier for å si det sånn. Så det har sine ressursmessige hindringer, og vekt- og volumbegrensninger.

Men på mindre fartøy og båter som kan lade ofte og regelmessig er dette helt ok og en veldig god løsning. Men det er ikke en løsning som kan dekke alt, det har en begrensning.

**Meg:** er det noe om dette temaet jeg kunne ha spurt om, men som ikke er nevnt?

**Vilmar:** Nei, vi har nå vært innom veldig mye. Jeg kan vel spørre hva som er temaet for din oppgave og hva du skal jobbe med.

**Meg:** Jeg skal se på hvordan sjøfarten kan nå målene til IMO om å halvere sjøfarten innen 2050, og hvordan vi skal utvikle oss fremover så det blir en klimavennlig sektor.

**Vilmar:** Ja, jeg kan nevne at vi har andre alternativer også, men disse er ikke nullutslipp, de har produsert veldig lenge det vi kaller syntetisk diesel-olje. Det har de utviklet for lenge siden som produserer istedenfor å bruke naturgass direkte, eller metan så kan du kjøre det gjennom en prosess og produsere et drivstoff som er flytende og kan bruke rett på dieseltanken og kjøre på. Og så er det selvfølgelig bio-drivstoff, men alle disse drivstoffene har karbon i seg. I tillegg til dette er det en begrenset ressurs og vi kan liksom ikke bruke alt av jordbruksområder i verden til å dyrke drivstoff. Befolkningen skal ha mat også.

En annen ting er at driveren for maritim sektor er gjerne konkurranse. Det er gjerne det at her i dag, og historisk er transport en veldig global konkurransearena og det er egentlig veldig billig å transportere ting i dag. Så om jeg setter meg i en litt sånn miljøverner posisjon for å spare miljøet så vil jo jeg si det at la oss slutte å transportere så mye rundt om i verden og la oss optimalisere logistikken kjeden og transportere minst mulig, men dette er jo litt som å spenne bein på shippingen da. Så det er jo et paradoks som sier vi skal ha vekst i verden, samtidig som vi skal minke utslippene. Det er nesten som det er en umulig oppgave.

Jeg tror vi faktisk må endre ganske dramatisk måten vi lever og organiseres oss på. Vi må transportere mindre rett og slett. Mye mer kortreiste produkter. Vi ser jo nå i Corona tider hvor sårbare vi er blitt.

Vi må også ha et internasjonalt regelverk. Hvis ikke vil den som overlever være den som klarer å lure seg rundt dette og gjøre det på en billigere og lettere måte. Så vi må ha et regelverk så det blir rettferdig og like konkurransevilkår. Det er vi nødt til å ha. Det er kanskje den største utfordringen vi står over, det er jo å få til internasjonale forpliktende rettferdige og riktige lover og regler som kan følges opp og bidrar. Hvi sikke blir alle gode intensjoner vanskelig å gjennomføre.

Det er spennende, og det blir spennende fremover.

**Meg:** Da har vel jeg fått det jeg trenger, tusen takk for samtalen.

**Vilmar:** Jo ingen problem.

**Meg:** Om vi går tilbake til det med å bruke navn, kan jeg bruke navnet ditt i oppgaven?

**Vilmar:** Jada, jeg tror ikke jeg har sakt noe kontroversielt så det kan du bare gjøre.

**Meg:** Jo tusen takk! Du må ha en god jul da.

**Vilmar:** Jo, du får ha en god jul du og, og lykke til med oppgaven.

## Intervju Ann Rigmor

**Meg:** Er det greit jeg tar opp samtalen vår?

**Ann Rigmor:** Ja, for du skal vel bruke den til oppgaven og ikke spille den av for andre?

**Meg:** Nei jeg skal høre på oppdraget og transkribere det og legge teksten som et vedlegg til bacheloroppgaven

**Ann Rigmor:** Ja okay

**Meg:** Og er det greit jeg bruker navnet ditt, eller professor ved NTNU Ålesund?

**Ann Rigmor:** Jeg er ikke professor, jeg er førsteamanuensis

**Meg:** Okay, så kan jeg bruke det, eller navnet ditt?

**Ann Rigmor:** Det er egentlig, hipp som happ. Nevner du andre i oppgaven din?

**Meg:** Ja, jeg har tre andre til nå. Men jeg spør om dette tilfelle du har kontroversielle meninger. Jeg vil at du skal være så ærlig som mulig og si dine meninger.

**Ann Rigmor:** Ja greit.

**Meg:** Skal vi si det sånn at vi begynner med samtalen, så på slutten kan du bestemme om jeg kan bruke navnet ditt eller førsteamanuensis med NTNU?

**Ann Rigmor:** Ja enig, men det spiller egentlig veldig liten rolle siden miljøet er så lite så om du snakker om førsteamanuensis med NTNU og snakker om dette temaet så er det ikke så mange, men vi går i gang med spørsmålene tenker jeg.

**Meg:** Ja, om du kan begynne å snakke litt om deg selv, hva du jobber som, tidligere erfaringer osv.

**Ann Rigmor:** Ja, kan begynne bakfra jeg er sivilingeniør fra fysikk og matematikk fra NTH i Trondheim og så tok jeg diplom, såkalt utediplom i Stavanger hos rogalandsforskning med det som var høyskolen i Stavanger. Det gjorde jeg for å øke sjansene for å få jobb i Stavanger etter endt utdanning siden når jeg gikk ut var det lite jobber og det var en liten nedgangsperiode. Han som var mannen min flyttet til Stavanger noen år før da han var ferdig, men etter jeg fikk diplom fikk jeg jobb i rogalandsforskning og da begynte jeg å jobbe med noe som het gasshydrat som er en is-liknende substans som kan danne seg i gass ledninger og blokkere. Det er temperaturer over null punktet da sånn at det er stabil Is, eller noe som likner på is.

Så fikk jeg spørsmålet om å ta en doktorgrad på dette her fordi det var en del av et NFR-prosjekt (Norges forsknings råd), men det ville ikke jeg ta på meg med en gang fordi jeg ikke visste helt hva det var, og skal du ta doktorgrad i noe må en være veldig interessert i det, så jeg jobbet ett år til før jeg bestemte meg at da skulle jeg gå for det. Da begynte jeg på doktorgrad og jobbet med krystallisasjon, eller det intielle i dannelsesfasen for disse gasshydratene. Det var da i samarbeid med NTH igjen så jeg hadde residenstid oppe i Trondheim og labb i Stavanger. Så var det tre års leveringstid til doktorgraden og fortsatte å jobbe i rogalandsforskning med gasshydrater og flerfase strømnings problematikk og gassmåling eller volumetrisk måling av gass. Disse her prosjektene er for olje og gass industrien. Og så i 1996 så begynte jeg å jobbe for Statoil i stavinger og da jobbet jeg med det som heter gass transport optimalisering, gass transport i gassrør, så da hadde jeg en stilling der med oppfølging av en del forskningsprosjekt og var involvert i mange prosjekt som gikk på optimalisering av gass-strøm i ledninger. Da var jeg i Bygnes, Stavanger og satt der kontrollsenteret ligger, det som nå er Gassco. Jeg tilhørte da en avdeling som senere ble utskilt ble Gassco. Så det var mye gasstransport.

Så i 1998 så ble jeg mor, og hadde svangerskapspermisjon og da jeg kom tilbake så var det en stor nedbemanning i Statoil og alle fikk tilbud om pakkeløsning. Jeg tok den da og i 2000 på sommeren sluttet jeg i Statoil og så flyttet jeg oppover til Møre og Romsdal. Samtidig fikk jeg stipend av Statoil for å ta pedagogikk, så det tok jeg da her oppe imens jeg hadde en til svangerskapspermisjon. Da var jeg litt vikar for skolene rundt omkring er oppe, både fra 1. klasse opp til voksen opplæring så det var spennende. I den tiden så skulle Nyhavna utbygges. Med den forbindelsen skulle det stiftes ett selskap her oppe som fikk navnet Naturgass Møre som da skulle importere LNG til regionen og distribuere for å skape en gassvirksomhet her oppe. Det var planer å få et regionalt uttak av gass fra Nyhavn for næringsvirksomhet her oppe. Så da tok jeg bare kontakt med Naturgass møre og spurte om de hadde noe prosjekt som

jeg kunne jobbe med på siden. Det hadde de, og etter hvert var jeg fulltidsansatt hos Naturgass Møre. Det var et lite selskap, og vi var vel maks 3 stykker som var ansatt der. Men naturgass Møre er en av få pioner på lagring og distribusjon av naturgass og vi satt opp lokale LNG anlegg som f.eks. Tine i Ålesund.

Her var jeg til 2013, da ble jeg kontaktet av Rolls Royce og de spurte om jeg ville begynne å jobbe der. Så det passet jo veldig bra å ta LNG kunnskapene mine til sjøs. Da begynte jeg der og designet LNG anlegg for skip. Så gikk jeg over til mer aptering i Rolls Royce marine ikke bare på LNG. På LNG jobbet jeg med aptering på de designene vi kom fra til og så hadde jeg lyst til å jobbe mer på forskningsrelaterte aktiviteter så da begynte jeg å jobbe i noen nyopprettede stillinger. Så det jobbet jeg meg helt fram til 2019 da jeg begynte på NTNU, så nå foreleser jeg på fornybar energi på NTNU og er studieprogramkoordinator for fornybar energi bachelorutdanningen som var ny fra høsten 2019.

**Meg:** Okay, det var en imponerende CV

**Ann Rigmor:** Det er nok fordi jeg bruker mange ord, men bakgrunnen min er gass-teknologi.

**Meg:** Og det var i 2013 du kom innenfor shipping?

**Ann Rigmor:** Ja for LNG på skip ja. Men LNG businessen har vært her siden 2004. Så det har skjedd mye siden da, og det jeg syntes er frustrerende er når de prøver å få i gang nye virksomheter og tenker det kan fort skje med f.eks. hydrogen og ammoniakk er at det gjelder LNG var det en stor satsing en tid, både gjennom Enova og andre innsatser. Men så er det sånn at når Norge var kommet fram til løsningen så skal jo vi selge løsningen og teknologien til utlandet, og i utlandet tenker de dette her er topp og virkelig klimamessig et bra produkt, men i Norge så er det plutselig ikke rent nok lengre. Så når vi akkurat har fått bygget opp distribusjonsnett og logistikk, nei da er det ikke rent nok lengre og vi skal heller gå over til flisfyring, og ja nå er det jo hydrogen som blir det neste. Og dermed kom det masse regelverk på plass, både Co2 avgifter, retningslinjer og forskrifter som gjør at det rykker teppet under føttene på LNG selskapene. Det er veldig hardt å konkurrere og det er jo et godt alternativ i forhold til diesel og mange andre brensler, men det mangler på en måte nyanseringen så det er veldig vanskelig å ha langsiktige planer fordi at plutselig er forutsetningene helt endret og noe som så veldig bra ut for 5 år siden er plutselig vekke.

Det ender med at de store utenlandske selskapene kommer og kjøper opp og til syvende sist går det utover arbeidsplassene. Det fører også til at folk ikke tør å satse på ny teknologi.

**Meg:** Tror du det samme kan skje med blått hydrogen? At det plutselig ikke er grønt nok?

**Ann Rigmor:** Det som er både fordelen og i dette tilfellet ulempen med Norge er at vi har så mye vannkraft, at vi ikke trenger hydrogen sånn sett. Det vi trenger hydrogen til er om vi skal ta vare på innelåst kraft. For eksempel skal vi produsere kraft fra vannressurser som ellers bare ville rent over fordi vi ikke har linje til å ta imot strømmen, eller forbrukere. Så da er å produsere hydrogen et godt alternativ, men ellers så spør det om behovet. I Norge der det er korte transports strekninger vil batteri kanskje være et lite greit alternativ. Du taper veldig mye energi skal du produsere hydrogen fra andre måter enn overskuddskraft fra vannkraft. Så det er ikke et enkelt svar på det.

**Meg:** Har du hørt om kravene til IMO om å halvere utslippene fra skipsfart innen 2050?

**Ann Rigmor:** Ja, mhm.

**Meg:** Kan du fortelle litt om dine meninger angående det?

**Ann Rigmor:** Jo det er veldig bra, og er på plass at de setter disse kravene. Det som er utfordringen er at Norge gang på gang stiller kanskje sterkere krav til sine bedrifter, enn andre. Så det er dette med å tenke konsekvenser. Et eksempel er i Geirangerfjorden der de stenger for alle skip som ikke er nullutslipp. Det er jo helt greit det, men de må også være klar over konsekvensene og må ta med de som er involvert. De må være klar over konkurransekraften for bedrifter i Norge.

Jeg er jo veldig for miljøvennlige løsninger, og for å ikke forsøple luften eller naturen på andre måter, det tenker jeg de fleste er, men vi må spille på lag med andre og ikke kjøre norske bedrifter i grusen med for strenge krav her i hjemlandet. Så da kan de ikke komme etterpå og bare «ååå, så dere klarer ikke å levere?» sant. Det er jo det samme som skjer nå med hydrogen. Det som er min skepsis der er jo at jeg har jobbet med LNG anlegg design både på land og sjø, og jeg har sett forskjellige krav og utfordringer og det er ikke noe vi skal ta lett på. Og hydrogen er en klasse for seg selv sikkerhetsmessig og håndtering. Så for å skifte over fra fossile brensler til LNG var utfordrende i seg selv siden det var et dyrere



system og tar mer plass for den samme energimengden. Så klart at det er dyre prosjekter, men hydrogen er jo enda dyrere. Det er en dårligere energitetthet, volumetrisk sett og hydrogen er veldig reaktivt så vi må ha en helt annen kvalitet på rør, og du mest sannsynlig må ha rør i rør løsninger og helt andre sikkerhetssystemer. Det driftstekniske da for prosessen så får vi heller ikke færre komponenter med hydrogen enn LNG, eller hydrogen og brenselcelle da. Så det jeg har fått informasjon om så går de fleste brenselcellene, eller de gir mest energi hvis de har litt trykk, så da må vi ha et trykk-system der. Og for landskipsfart er komprimert hydrogen et dårlig alternativ, da kunne vi heller bare brukt batterier, så skal vi ha hydrogen på skip må det være flytende, og selv om er det veldig dårlig energitetthet i forhold til LNG, som igjen er dårligere enn diesel-olje.

Det som jeg syntes er litt skremmende, eller syntes vi må være på vakt om er at aktørene som er på banen nå presser fram for å få til det de kaller hydrogen-samfunnet, og det er jo greit nok, men når vi konfronterer dem med hva med sikkerheten, fordi har du vært på et seminar er det nesten ingen som snakker om det, så det er veldig urovekkende. Så om du tar det opp sier de bare «Ja, men det gikk greit med LNG, dette ordner ingeniørene», men ingeniørene er jo du og jeg da. Og så blir det gitt fergekonstruksjoner som skal være nullutslipp og den skal gå på hydrogen. Da blir det nærmest bestemt før vi har teknologien der, og ja Glutra var det jo første skipet i verden som gikk på LNG, og det var levert i 2000. Norge har en tradisjon på å være langt framme når det kommer til dette her da, men fordi at det gikk greit med LNG er det ikke sikkert det vil gå med hydrogen, det er mer krevende, så jeg er litt skremt at det er så lett å bare kjøre på og få det i gang og overlate problemene til ingeniørene da. Jeg tror ikke dette er den rette måten å gjøre det på, og vi får trygge løsninger før vi setter i gang.

Vi kan jo snakke litt om den ulykken på Østlandet og hydrogenladestasjonen som gikk i luften, så var jeg på en konferanse der noen holdt et foredrag i fjor, og da sa det at de hadde undersøkt for å finne årsaken til denne eksplosjonen, og så langt de hadde undersøkt så det ut som det rett og slett var selvantennning fordi det kom opp på det superkritiske området. Så det er rett og slett energien i utslippet som førte til antenning, det var ingen ytre antenningskilder.

**Meg:** Så det var kun friksjonen hydrogenet skapte med å lekke ut som førte til antenning?

**Ann Rigmor:** Ja bare gass-strålen da.

Så har vi jo ammoniakk, det kan da være et godt alternativ, men ulempen er jo at det er så giftig. Jeg vet ikke om du har fått det med deg, men bare for noen uker siden var det to

hendelser på to forskjellige verft der de hadde ammoniakklekkasje. Den andre vet jeg ikke så mye om, men den første var alle evakuert med en distanse på 300 meter fra verftet og du fikk ikke lov til å kjøre forbi. Det var så vidt jeg har forstått en lekkasje i et kjøleanlegg. De jobbet ikke med det engang, det var helt tilfeldig at de oppdaget det. Men det viser hvor giftig det er, siden det var ikke en diger ammoniakk tank, men det var fra et lite kjøleanlegg. Så ammoniakk er ikke noe å spøke med. Å ha det på land er en ting, men skal du ha det på et cruiseskip eller passasjerfartøy, hvor skal du da evakuere folk? Det tenker jeg da hvis vi får et havari på en eller annen ammoniakk tank og vi ligger langt til sjøs og det er vindstille. Så det er et komplisert sikkerhetssystem som trengs der og. Så ikke misforstå meg, jeg er virkelig for at vi skal utforske alternativer, men vi må tenke at vi ikke har det så travelt at vi ikke undersøker andre alternativer heller, og så må vi ikke ha det så travelt at det går på bekostning av sikkerheten.

**Meg:** Så hvilken av de tre alternativene har du størst troen på, er det litium batterier, hydrogen eller ammoniakk?

**Ann Rigmor:** Jo det kan jeg gi et enkelt svar på. Jeg tror fremtiden består av mange ulike kombinasjoner, og det kommer an på behovet. Det er fordi noen er avhengig av ulike typer backups enn andre. Så er det store forskjeller på små, mellomstore og store båter. Det er også store forskjeller på båter som skal frakte last og båter som skal frakte personer. Så jeg tror det blir mye forskjellig.

**Meg:** så det er ingen av de du har stor tro på vil ta over markedet?

**Ann Rigmor:** Nei, ikke enda. Men jeg tror det er spennende tider framover og det er mye som skjer og veldig spennende med hydrogen, men tenker vi må roe litt ned og få en oversikt over hva vi gjør her. Det som er ulempen med hydrogen, er den energitettheten og at det er så vanskelig å håndtere. Så hydrogen er riktig på enkelte plasser, men ikke over alt.

**Meg:** Er det noe annet jeg kunne spurt om som er relevant for dette temaet?

**Ann Rigmor:** det var en ting jeg tenkte på, ja NOx fondet har jo vært veldig bra i Norge. Det har vært et bra støtteapparat for å få bygd opp skip til LNG bruk så det kan du skrive litt om.

Det har vært en av de virkemidlene som har betydd veldig mye for å få opp brukernivået i Norge. De tror jeg støtter både til anlegg på land og på sjø.

**Meg:** Jo takk for samtalen, men det med om jeg kan bruke navnet ditt, får jeg lov til det?

**Ann Rigmor:** Jo om du bruker navnet på de andre kan du bare bruke mitt og.

**Meg:** Jo tusen takk

**Ann Rigmor:** Men om du tror jeg har sakt noe veldig kontroversielt så vil jeg gjerne vite det

**Meg:** Ja den er grei, tusen takk. Ha det bra!

**Ann Rigmor:** Ha det!