

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för sjöfart

SOLENERGI INOM SJÖFARTEN

- idag och i framtiden

Anna Boman



34:2016

Datum för godkännande: 02.12.2016
Handledare: Johan Hansen

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Sjöfart
Författare:	Anna Boman
Arbetets namn:	Solenergi inom sjöfarten – idag och i framtiden
Handledare:	Johan Hansen
Uppdragsgivare:	

Abstrakt

I det här arbetet hanteras frågor som varför vi behöver förnybara energikällor, vad som händer med vårt klimat till följd av farliga utsläpp och hur vi till sjöss kan dra nytta av energi utvunnen ur solen. Bakgrunden till varför vi behöver förnybara energikällor och vad som kan hända om vi inte lyckas minska våra farliga utsläpp av bland annat koldioxid. Hur solceller används till sjöss idag och hur det kan komma att användas i framtiden.

Vår energiförbrukning ökar. Vi måste göra olika förändringar för att undvika katastrofala följder för vårt klimat och för både människan och ekosystemens överlevnad. Solenergi är en förnybar energikälla och miljövänligare än andra. Svårigheterna med solceller idag är deras låga verkningsgrad och dyra installationer, men forskningen framskrider fort och förhoppningsvis ser vi snart en större marknad för solenergi. Till sjöss används solceller ännu sparsamt, men det finns mindre fartyg som drivs helt eller delvis med solenergi. För större fartyg är forskningen i full gång. Det finns visioner för framtiden där solceller spelar en större roll för sjöfarten.

Nyckelord (sökord)

Solcell, solenergi, energiförbrukning, klimat, växthuseffekten, sjöfart, utsläpp

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
34:2016	1458-1531	Svenska	43 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
18.11.2016	02.12.2016	02.12.2016

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Nautical Science
Author:	Anna Boman
Title:	Solar Energy in the Shipping Industry – Today and in the Future
Academic Supervisor:	Johan Hansen
Technical Supervisor:	

Abstract

In this thesis I deal with questions such as why we need renewable energy, what is happening to our climate as a result of emissions and how the shipping industry can take advantage of the energy derived from the sun. I want to find the reason to why we need renewable energy. What can happen if we fail to reduce our dangerous emission to the atmosphere? I also want to find out how solar cells are being used at sea today and how it might come to be used in the future. The result shows that our energy consumption is increasing. We need to make changes to avoid catastrophic consequences for the climate and for both people and ecosystems. Solar energy is a renewable energy source and environmentally friendly. The difficulties of solar cells today are a low efficiency and expensive installations but research is progressing fast and hopefully we will soon see a larger market for solar energy. At sea today the use of solar cells is limited but there are smaller vessels operated wholly or partly on solar power. There are future visions in which solar cells are playing a greater part.

Keywords

Solar cells, Solar energy, Energy consumption, Seafaring, Shipping industry, climate changes, greenhouse effect, emissions

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
34:2016	1458-1531	English	43 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
18.11.2016	02.12.2016	02.12.2016

Innehåll

1. INLEDNING	5
1.2 Syfte	6
1.3 Frågeställningar.....	6
1.4 Avgränsningar	6
2 BAKGRUND.....	7
2.1 Energi	7
2.1.1 Energiförbrukning	8
2.1.2 Problematiken med fossila bränslen	9
2.2 Klimatförändringar och miljöpåverkan	11
2.2.1 Växthuseffekten.....	11
2.2.2 Följder av växthuseffekten.....	12
2.2.3 Luftföroreningar.....	13
2.3 Sjöfartens utsläpp	15
2.3.1 Svaveloxider och kväveoxider	16
2.3.2 Växthusgaser	17
2.4 Solenergi	19
2.4.1 Solcellsteknik.....	19
2.4.2 Olika typer av solceller	22
3. METOD	24
4 RESULTAT	25
4.1 Solceller inom sjöfarten idag	25
4.1.1 Planet Solar	25
4.1.2 Ocius Technology Limited	26
4.1.3 Solceller på kryssningsfartyg.....	28
4.2 Solceller inom sjöfarten i framtiden	29
4.2.1 Solceller i utveckling.....	29
4.2.2 Eco Marine Power	30
4.2.3 Wallenius Shipping.....	32
4.2.4 Sauter Carbon Offset Design.....	33
5 DISKUSSION.....	35
6 SLUTSATS.....	37
KÄLLHÄNVISNING.....	41

Förkortningar

EEDI - Energy Efficiency Design Index

EU – European Union

FN – Förenta Nationerna

IEA PVPS – International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme

IMO – International Maritime Organization

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

JAMDA - Japanese Machinery Development Association

LNG – Liquefied Natural Gas

MARPOL – International Convention for Prevention of Pollution from Ships

MEPC - Marine Environment Protection Committee

NASA – National Aeronautics and Space Administration

RO-RO – Roll on - Roll off

SEEMP – Ship Energy Efficiency Management Plan

VLCC - Very Large Crude Carrier

WHO – World Health Organization

WMO – World Meteorological Organization

1. INLEDNING

Alla har väl hört talas om negativ miljöpåverkan, klimatförändringar och växthuseffekten¹. Vi känner till att planeten vi bor på inte mår bra. Idag är de flesta forskare ense om att människans roll på jorden har haft inverkan på klimatförändringarna. Det är upp till oss att lösa den problematik som har uppstått till följd av negativ miljöpåverkan och växthuseffekten samt förhindra framtida följder av detta som i värsta fall kan bli katastrofala.

Sjöfarten är en industri som är världsomspännande och som sätter miljontals människor världen över i arbete. Den är en viktig pjäs på världsekonomens spelplan och påverkas tillika mycket av den.

Som bekant drivs idag de flesta fartyg av olja – både av praktiska och ekonomiska skäl – och oljan släpper ut en av de gaser som påskyndar växthuseffekten och klimatförändringarna mest; koldioxid (CO₂)². Dessutom har förbränningen från fartygsmotorer släppt ut mycket och många skadliga ämnen i vår luft.

Sjöfartsbranschen är en traditionell bransch, många gånger motvillig till förändringar och nytänkande, men förändring krävs. Oljefyndet är inte oändliga och även om de vore det så skulle det vara kontraproduktivt att i samma utsträckning som idag fortsätta att använda ett drivmedel som bidrar så mycket till klimatförändringarna. Sjöfarten måste också förändras.

På senare år har vi sett en samhällstrend som går mot grönare företag³, uppmuntran för att den enskilda individen ska göra klimatsmarta val⁴ och en hastig utveckling och forskning inom fältet för förnyelsebar energi⁵. Även inom sjöfarten har det dykt upp fartyg födda ur klimatmedvetet nytänkande. Det är en positiv och intressant trend och om inte annat en för vår planets skull helt nödvändig trendförändring. För att förstå solenergi måste man först på ett djupare plan förstå varför vi behöver alternativa energikällor i framtiden. Därför läggs stor vikt vid bakgrundsinformation om hur vårt klimat mår idag och hur sjöfartssektorn bidrar till ett försämrat klimat.

¹ Växthuseffekten är uppvärmningen av jordytan på grund av solljuset och atmosfären.

² Koldioxid CO₂ är en gas som bildas vid fullständig förbränning av kolföreningar i syre.

³ Med grönare företag menas företag som inriktar sig på att visa sig väl genomtänkta miljömässigt.

⁴ Klimatsmarta val är medvetna val som görs för att minska negativa miljöpåverkan.

⁵ Förnyelsebar energi är energi som kommer från källor som förnyas i snabb takt, till exempel solenergi och vindenergi.

1.2 Syfte

Syftet med det här arbetet är att ta reda på mer om solenergi och dess användningsområde inom sjöfart idag och i framtiden. Syftet är dessutom att få en lämplig bakgrund till varför vi idag behöver förnybara energikällor och varför vi på alla plan i samhället behöver motverka negativ miljöpåverkan. Där även inom sjöfarten.

1.3 Frågeställningar

Frågeställningarna som kommer att besvaras är följande:

- Varför behöver vi förnybar energi?
- Hur används solenergi på fartyg idag?
- Hur skulle solenergi kunna användas på fartyg i framtiden?

1.4 Avgränsningar

Arbetet är avgränsat till att enbart behandla solenergi och inte vind eller vågenergi, även om dessa nämns. Det är även avgränsat till att enbart ta upp den grundläggande tekniken bakom solceller och inte gå in desto djupare på en solcells materialuppbyggnad.

2 BAKGRUND

Handelsfartyg drevs från början främst av vindenergi med hjälp av segel. Under industrialiseringen på 1800-talet introducerades fartyg drivna av ånga och idag drivs den största delen av världens fartyg uteslutande på olja. De nya energitrenderna som kommit till följd av både rädslan för sinande oljedepåer, klimatpåverkan och klimatförändringar har till viss del fokuserat på just förnyelsebar energi i form av vind, sol - och vågenergi. Alla till skillnad från oljan outtömliga energikällor. Just solenergi är intressant eftersom att solen är orsaken till att vår planet kan erbjuda en livsmiljö för alla arter som bor här. Utan solen skulle vi människor tillsammans med miljontals andra arter snart dö ut. Solens ojämn uppvärmning ger upphov till vindar som i sin tur genererar de flesta vågor på haven och kan därför även sägas vara upphovet till vindenergi och vågenergi. I det här arbetet fokuseras det på solenergi i form av solcellsanvändning på fartyg.

2.1 Energi

Vi talar ofta om energi i olika former; energi i drivmedel, i våra kroppar och i vår mat. Men vad är egentligen energi? Man kan säga att energi är rörelse, eller förmågan till rörelse. Det finns flera olika typer av energi. Man kan till exempel prata om lägesenergi⁶, rörelseenergi⁷ eller värmenergi⁸. En viss form av energi kan övergå till en annan form enligt *energiprincipen* som säger att energi inte kan förstöras utan endast omvandlas. Energi från solen kan till exempel omvandlas till elektrisk energi med hjälp av solceller. (Energikunskap, 2009)

Precis som att energi kan ha många olika former så används också olika måttenheter för att beskriva energi. SI-enheten⁹ för energi är dock Joule (J). När man talar om elektrisk energi används istället ofta enheten Watt (W). 1 W är samma sak som 1 J/s, det vill säga energiutvecklingen 1 joule per sekund – det vi kallar *effekt*. 1 Wattimme (Wh) är den effekt som 1 W utvecklar på en timme. Bekant är säkert måttet kilowattimme (kWh) som alltså är 1000 W använt i en timme. (Vanek & Albright, 2008)

⁶ Lägesenergi eller potentiell energi, är energi som är beroende av jordens gravitationskraft och förändras med höjdläget ovanför jordytan.

⁷ Rörelseenergi eller kinetisk energi, är den energi som är kopplad till en kropp i rörelse.

⁸ Värmenergi eller termisk energi, är den energi som skapas då atomer och molekyler i ett ämne rör sig snabbt och på så vis skapar värme.

⁹ SI-enheten är en internationell måttenhet som finns överenskommen i SI-systemet.

2.1.1 Energiförbrukning

Tidigare har industriländerna varit de största användarna av energi, men då människor i utvecklingsländer¹⁰ får ett ökat välbefinnande så ökar även energiproduktionen där. I perioden 1850-talet till 2000 har världens energiproduktion ökat explosionsartat. Folkmängden har under dessa 150 år nästan femfaldigats och energiförbrukningen har sjuttonfaldigats.

Industrialiseringen och järnvägsbyggen i början av perioden ökade energiproduktionen, däremot hade inte den största delen av befolkningen möjlighet till tågresor eller konsumtion i någon större utsträckning varför produktionen av energi endast ökade i takt med folk­mängden. Från 1900-1950 ökade antalet människor som hade möjlighet att utnyttja energiresurserna och produktionen ökade snabbare än befolkningsmängden. Fram till 2000 har befolkningsmängden och energiförbrukningen bara fortsatt att öka. (Vanek & Albright, 2008)

I tabell 1 visas energitillförseln internationellt. Undersökningen är gjord av energimyndigheten i Sverige. Fördelningen är per energislag och måtten givna i TWh¹¹:

Energislag	1990	2000	2005	2010	2012
Kol/torv/skifferolja	25 941	27 422	34 568	41 955	45 107
Olja	37 575	42 541	46 573	48 033	48 899
Naturgas	19 389	24 104	27 409	31 835	33 071
Kärnkraft	6 113	7 857	8 395	8 362	7 468
Vattenkraft	2 144	2 620	2 932	3 442	3 673
Biobränsle/avfall	10 526	11 963	13 122	14 978	15 622
Övrigt	426	715	827	1 316	1 665
Total energitillförsel	102 114	117 223	133 827	149 920	155 505

Tabell 1. Tabell över olika energikällor och energitillförseln internationellt (Energimyndigheten, 2015)

Vi kan tydligt se en ökning av energitillförseln för varje undersökt år. Fossila bränslen som kol och olja är fortfarande de energikällorna som är absolut störst i världen men vi kan se en ökning av både naturgas, vattenkraft och biobränsle som indikerar att vi är på väg mot miljövänligare alternativ. (Energimyndigheten, 2015)

¹⁰ Utvecklingsländer är länder med lågt BNP per capita. Motsatsen till industriländer.

¹¹ TWh – Terawattimme, dvs 10¹² kWh

2.1.2 Problematiken med fossila bränslen

Fossila bränslen som olja och kol är fortfarande de främsta energikällorna i världen och vi vet idag att deras utsläpp av gasen koldioxid (CO₂) är en av de främsta bidragen till växthusgaser som påverkar klimatförändringarna. Fossila bränslen består av organiskt material, kolväteföreningar, som under lång tid omvandlats och blivit till det material som vi utvinner idag. Resurserna är dock inte oändliga då skapningsprocessen av nytt fossilt bränsle är mycket lång och vår förbrukning idag stor. Exakt hur länge till vi kommer att kunna utvinna fossila bränslen är svårt att säga, men forskarna är ense om att de kommer att ta slut inom en överskådlig nära framtid. Trycket har därför ökat på att vi måste hitta nya energikällor för att kunna fasa ut de fossila bränslena. (Energikunskap, 2009)

Den enda, eller största problematiken med fossila bränslen är inte att de kommer att ta slut en dag, utan den påverkan förbränningen av bränslena har på klimatet. Flera olika gaser bildas då vi förbränner fossila bränslen, däribland svaveloxid och koldioxid. Man har ännu inte funnit ett sätt att rena avgaser från koldioxiden, varför gasen är direkt proportionell mot energiförbrukningen. Olika fossila bränslen släpper också ut olika mängd av gasen. Naturgas har till exempel ett lägre utsläpp per energienhet än både kol och olja och är därför ett bättre bränslealternativ ur klimatsynpunkt. (Naturvårdsverket, 2016)

Problemet med koldioxidutsläpp har varit ett ämne för diskussion under längre tid och försök till minskade utsläpp har gjorts på både nationell och internationell nivå. Förenta Nationerna formulerade år 1997 i Kyoto, Japan en överenskommelse som kom att kallas Kyotoprotokollet och som ratificerades 2005. Kyotoprotokollet är ett bindande dokument som bland annat ska få industriländerna att sänka sina utsläpp av växthusgaser, däribland sina utsläpp av koldioxid. Resultaten har varit skiftande, några av undertecknarländerna har lyckats med att nå sina mål, många andra har det inte. Dessutom sätter Kyotoprotokollet inte krav på att tillväxtländerna ska minska sina utsläpp och om inte mer görs för att även de ska minska sina utsläpp kommer de att öka och klimatförändringarna fortsätter att vara ett hot. (Vanek & Albrigt, 2008)

Naturvårdsverket i Sverige menar att alla sektorer i samhället måste hjälpas åt för att minska utsläppen av växthusgaser. Det inkluderar sjöfarten som ännu inte omfattas av några internationella åtaganden för att minska utsläppen. År 2014 var utsläppen av koldioxidekvivalenter¹² från bränslen bunkrade i Sverige till fartyg i internationell trafik 5,9 ton vilket är en ökning med 7 procent sedan föregående år och en ökning med hela 160 procent jämfört med 1990. En möjlig förklaring till den stora ökningen av utsläpp av koldioxidekvivalenter från sjöfarten kan vara en mer globaliserad handel där varor transporteras längre sträckor. En annan förklaring kan vara att man i Sverige kan bunkra lågsvavligt bränsle som uppfyller strängare miljökrav och att man därför väljer att bunkra där. Däremot kan vi se att Sveriges totala utsläpp av växthusgaser har minskat tack vare insatser från flera olika sektorer i samhället. Utsläppet av koldioxidekvivalenter år 2014 var 54,4 miljoner ton, en minskning med 3 procent sedan året innan och en minskning med hela 24 procent sedan 1990. (Naturvårdsverket, 2016)

¹² För att kunna jämföra hur olika växthusgaser bidrar till växthuseffekten jämförs utsläppen från alla gaser med koldioxid. Koldioxidekvivalent betyder alltså utsläpp som motsvarar koldioxid.

2.2 Klimatförändringar och miljöpåverkan

Klimatförändringarna är någonting som alla har hört talas om. Och kanske kan man säga att förhindrandet av större klimatförändringar är en av de största utmaningar vi står inför idag. De föroreningar som vi släpper ut i atmosfären bidrar inte enbart till klimatförändringar i form av global uppvärmning, utan påverkar också människa och natur på ett ännu närmare plan.

2.2.1 Växthuseffekten

Den problematik vi kan se idag med de klimatförändringar som händer omkring oss kan tveklöst härledas till det som vi kallar ”växthuseffekten”. Atmosfären som omsluter jordytan släpper igenom en viss mängd solstrålning som får värma jordytan och växthusgaserna hindrar sedan en del av utstrålningen. För att vi ska kunna leva på jorden behövs en viss mängd växthusgaser, annars skulle temperaturen på jorden snart sjunka drastiskt. En del av gaserna är naturliga, så kallade biogena, medan en del är orsakade av mänsklig aktivitet, så kallade antropogena. Den viktigaste biogena gasen är vattenånga och den viktigaste antropogena växthusgasen är koldioxid och den främsta utsläppskällan just förbränningen av fossila bränslen. (Vanek & Albright 2008.).

När atmosfären innehåller en större mängd växthusgaser kan mindre av värmen från solinstrålningen gå tillbaka ut i rymden varför vi ser en ökad medeltemperatur. Enligt NASA¹³ har den antropogena koldioxidhalten i atmosfären ökad med en tredjedel sedan den industriella revolutionen¹⁴. Andra växthusgaser är bland andra metangas, dikväveoxid och ozon. I figur 1 ses en illustration av växthuseffekten. (NASA, 2016)

¹³ NASA -National Aeronautics and Space Administration. Den federala myndighet i USA som handhar luft och rymdfart.

¹⁴ Industriella revolutionen var de stora samhällsförändringar som i slutet av 1700-talet började i Storbritannien och som påbörjade industrialiseringen av världen.

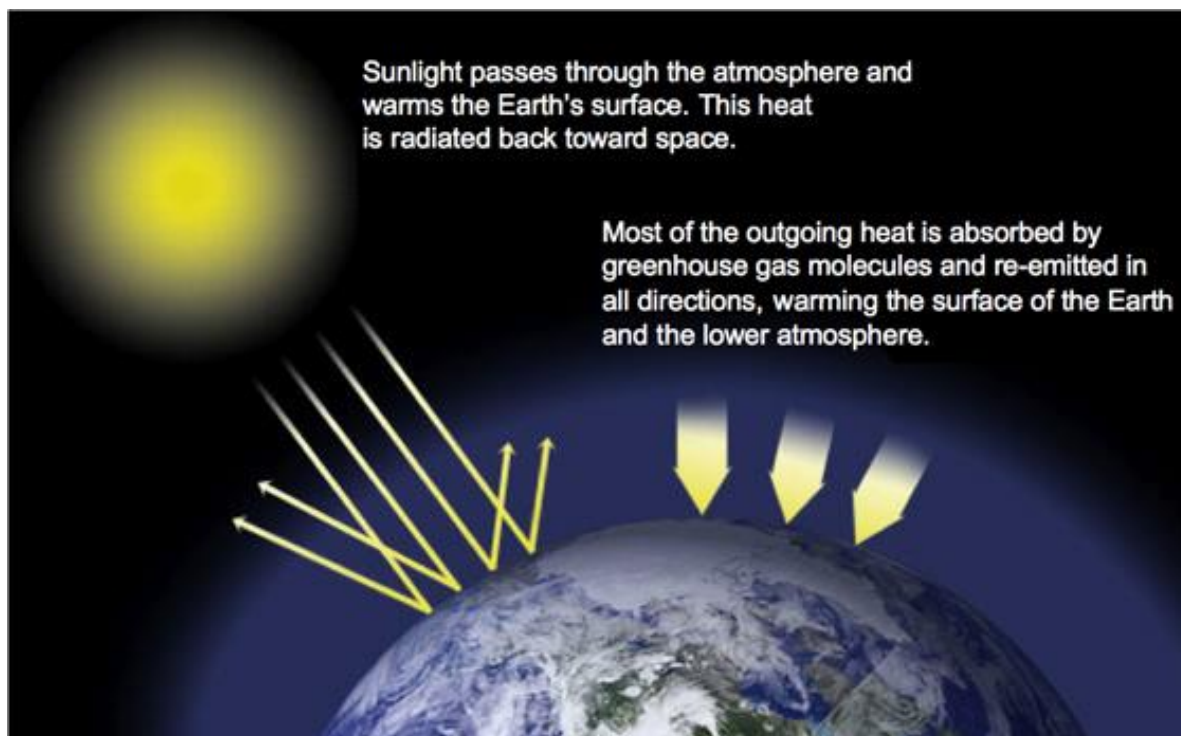


Fig. 1 Illustration av växthuseffekten (NASA, 2016)

2.2.2 Följder av växthuseffekten

Fastän forskare över hela världen försöker göra prognoser för hur växthuseffekten kommer att påverka klimatet i framtiden är det svårt att säga exakt vad som kommer att hända. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) är ett internationellt organ grundat 1988 av FN:s klimatprogram och WMO (World Meteorological Organization) och fungerar idag som FN:s klimatpanel. Deras främsta uppgift är att bistå världen med en vetenskaplig bild av hur klimatläget ser ut för tillfället. I deras utgivna rapport *"Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers"* redovisas den senaste forskningen om klimatförändringarna och dess följder för både natur och människor. Eftersom att framtida utsläpp av växthusgaser är beroende av flera olika parametrar som exempelvis befolkningsmängd, energiförbrukning, livsstil och miljöförordningar så har man skapat flera, möjliga framtidsscenario. IPCC:s forskare menar i rapporten att vi i slutet av det här århundradet kan vänta oss en medeltemperaturhöjning mellan 0,3 grader Celsius till 4,8 grader Celsius – helt beroende av vilket tänkbart scenario som bäst återspeglar verkligheten. Självklart är även följderna av klimatförändringarna kopplade till hur stor medeltemperaturökningen blir men tidigare indikationer på ett förändrat klimat har vi redan

sett. Däribland minskade glaciärtäcken på flera ställen i världen, extrema värmeböljor och förändringar i beteendet hos djur och växter. (IPCC, 2014)

Vidare kan vi i framtiden förvänta oss högre temperaturer och varmare klimat. På vissa platser i världen kan detta vara positivt medan det på redan torra och heta platser kan vara förödande för odling och därmed för människor. En del regioner kommer att få mindre nederbörd och andra mer. Även havstemperaturen kommer att öka med jordens medeltemperatur och oväder som är beroende av en viss vattentemperatur, exempelvis cykloner som bildas över vatten med en temperatur av ca 27°C, kan komma att få större spridning över jordklotet. Även glaciärer och isarna vid polarna som redan har börjat smälta kommer att ge en högre havsvattennivå och täcka lågliggande landmassa. Till 2100 beräknas vattennivån ha stigit med 1-4 fot, det vill säga 0,3 – 1,2 m. En del platser på jorden kan komma att bli obebodliga och människor kommer att behöva flytta, detta i sin tur kan leda till ökad global oro och nya konflikter. (NASA, 2016)

I IPCC:s rapport från 2014 konstateras det som citerat nedan att fortsatta utsläpp av växthusgaser kommer att få svåra följder för människor och ekosystem och att vi behöver göra mycket mer än vad vi gör idag för att förhindra vidare utsläpp och svårare klimatförändringar:

“Continued emission of greenhouse gases will cause further warming and long-lasting changes in all components of the climate system, increasing the likelihood of severe, pervasive and irreversible impacts for people and ecosystems. Limiting climate change would require substantial and sustained reductions in greenhouse gas emissions which, together with adaptation, can limit climate change risks.”

(IPCC, 2014)

2.2.3 Luftföroreningar

Luftföroreningar är partiklar i atmosfären som är skadliga för både människor, djur och natur. Några av de luftföroreningar som finns i dag är bland andra kväveoxider, svaveloxider, marknära ozon och partiklar (med olika uppkomstorsaker, däribland dubbdäckens slitage mot vägbanan). Dessutom finns olika typer av kolväten som kolmonoxid, bensen och

tungmetaller. Även om dessa föroreningar till en början är luftburna så hamnar de snart på land och i vatten då de följer med nederbörden och orsakar både förurning av vattendrag och övergödning. Dessa föroreningar uppkommer bland annat som resultat av förbränning av fossila bränslen i olika transportmedel och från industriella processer. (Naturvårdsverket, 2016)

De följder som luftföroreningar kan få är många och i vissa fall mycket skadliga. Enligt FN:s världshälsoorganisation WHO (World Health Organisation) orsakar luftföroreningar en stor hälsorisk för människor. De kan leda till bland annat astma, stroke och lungcancer. Genom att minska luftföroreningarna kan man också förhindra att människor drabbas av dessa sjukdomar i samma utsträckning som idag. Enligt undersökningar har det visat sig att luftföroreningar utomhus, i städer och på landsbygden, globalt orsakade ca 3 miljoner förtida dödsfall år 2012.

WHO tar regelbundet fram riktlinjer för den gräns av luftföroreningar som kan finnas i luften som människor vistas i. År 2014 levde 94 % av världens befolkning fortfarande i luft som inte mötte de riktlinjer som WHO tagit fram. För att minska utsläppen av luftförorenande ämnen krävs det insatser på alla plan i samhället över hela världen. Inom transportsektorn krävs det bland annat att man minskar användandet av fossila bränslen och övergå till renare energikällor. (WHO, 2016)

2.2.4 Förnybar energi

Förnybar energi är energi som härstammar från källor som hela tiden förnyas i snabb takt. De har i stort en mycket mindre miljöpåverkan än fossila bränslen. Ökade satsningar och större användning av förnybar energi är ett sätt att motverka en förvärrad växthuseffekt. Historiskt sett så började människan använda förnybar energi för mycket länge sedan. Först ut var elden som ända fram till 1900-talet var den viktigaste källan till energi. Djur har sedan länge använts som energikälla både inom jordbruk och i krig.

Vindkraft började också användas tidigt. Fenicierna¹⁵ använde segel på sina båtar för så länge som 3000 år sedan och de första väderkvarnarna tros ha tagits i bruk för ca 2000 år sedan.

¹⁵ Fenicierna var ett sjöfararfolk som levde i Fenicien (östra medelhavet) ca 3000 f.vt.

De första vattenkraftverken härsammar från Asien någon gång under 100 f.v.t¹⁶. Under den industriella revolutionen inleddes de fossila bränslenas era och den förnybara energin försvann mer eller mindre helt från energimarknaden.

Under 1970-talet drabbades världen av flera oljekriser, främst beroende på internationella oroligheter och åter igen vaknade intresset för förnybar energi. (Siden, 2009)

Idag används förnybar energi främst genom biobränslen, vattenkraft, vindkraft och solenergi. EU har som mål att av den totala energikonsumtionen i Europa 2020 ska 20 procent komma från förnybara energikällor. (Jordbruksverket, 2016)

2.3 Sjöfartens utsläpp

FN:s sjöfartsorgan IMO (International Maritime Organization) menar att sjöfarten är oundgänglig för världen. Det är det mest effektiva transportmedlet då man kan transportera stora volymer till en mindre energiförbrukning. Det globaliserade samhälle och dess ekonomi som vi ser idag skulle inte fungera utan den enorma flottan av handelsfartyg som finns idag. Vi förlitar oss på att kunna både exportera och importera varor för att få våra länder att fungera. Generellt sätt så kan man säga att ca 90 % av den globala handeln med varor transporteras på vattnet. Idag byggs det fler och fler fartyg och den internationella flottan är större än någonsin. Siffror från december 2011 visar att det då fanns 104,304 handelsfartyg över 100 GT¹⁷. De största utmaningarna, som sjöfarten står inför, är bland annat en förbättrad kostnadseffektivitet och en större hänsyn till klimatpåverkan.

Utsläppen av kväveoxid från sjöfarten i vattnet kring Europa var år 2000 uppmätt till ca 3,3 miljoner ton och svaveloxid 2,3 miljoner ton. En undersökning som gjorts av IMO visar att den totala sjöfarten år mellan år 2007-2012 i genomsnitt stod för ca 2,8 % av de totala växthusgasutsläppen. (IMO, 2014) (Airclim, 2013)

¹⁶ F.v.t = Före vår tidsräkning, detsamma som före Kristus.

¹⁷ GT – Gross Tonnage, eller bruttodräktighet är ett storleksmått baserat på fartygets totala inneslutna volym.

2.3.1 Svaveloxider och kväveoxider

Idag drivs de flesta fartyg på tjockolja eller diesel. Tjockolja¹⁸ anses vara väldigt orent och har länge varit det billigaste samt enklaste bränslealternativet. Förbränningen av oljan släpper förutom koldioxid ut även svaveldioxid och kvävedioxid som båda är skadliga för miljön.

Satsningar har gjorts för att minska dessa utsläpp. Minskade svavelutsläpp kan uppnås genom att fartygen körs på en olja innehållande mindre mängd svavel. Fördelarna med ”renare” olja är förutom de minskade utsläppen av svavel även minskade utsläpp av andra förorenade ämnen och ett mindre slitage på motorerna. Nackdelen har varit att oljan är dyrare att bunkra. Det andra alternativet har varit att förse fartyget med så kallade ”Scrubbers” som renar avgaserna ombord på fartyget, då främst från svaveldioxid. Man kan även installera reningsutrusning ombord i syfte att rena avgaserna från kväveoxider, eller alternativt genom att göra förändringar i själva motorerna. Ett ytterligare alternativ som kan vara speciellt brukligt på nybyggda fartyg är möjligheten till andra energikällor, exempelvis LNG (Liquefied Natural Gas) som ger ett minimalt utsläpp av svavel och reducerar halten av kvävedioxid med ca 80%.

Inom IMO:s MARPOL¹⁹ - konventionen finns ett protokoll, Annex VI, som ska reglera och förhindra luftföroreningar från fartyg, främst svaveldioxid och kvävedioxid. Protokollet trädde i kraft år 2005 efter en del motstånd från vissa av medlemsländerna, men blev inte desto mer framgångsrikt. År 2008 skärptes kraven. Den globala sjöfarten fick sedan från och med 2012 inte köra på ett bränsle innehållande mer än 3,5 procent svavelhalt och från och med 2020 har kravet på den mängden svavel sjunkit till 0,5 %. Inom vissa svavelkontrollområden (bland annat Östersjön) är kravet sedan 2015 endast 0,1 %. Enligt dessa lagar måste fartyg som är byggda efter 2011 dessutom minska sina utsläpp av kvävedioxid med 20% och inom speciella kvävedioxidkontrollområden måste kvävedioxidutsläppen reduceras med 80% (i dagsläget finns sådana områden endast i Nordamerika). (Airclim, 2013)

¹⁸ Tjockolja är en oren form av råolja som främst används för fartygs framdrift.

¹⁹ MARPOL – International Convention for Prevention of Pollution from Ships, en internationell konvention under FN:s sjöfartsorgan IMO för att förhindra föroreningar från fartyg.

2.3.2 Växthusgaser

År 2012 stod den globala sjöfarten för 2,6 % av de totala koldioxidutsläppen och för 2,5 % av de totala växthusgasutsläppen²⁰. Detta är en minskning sedan 2007 då värdet istället var 3,5 % respektive 3,2 %. Mycket beror denna minskning av utsläpp på dyrare oljepriser som lett till att fartyg väljer att köra med mer ekonomisk hastighet hellre än fortast möjliga. En annan anledning till de minskade utsläppen är förbättrade tekniska och operativa lösningar. IMO:s MEPC (Marine Environment Protection Committee) har gjort stora satsningar för att minska växthusgasutsläppen. År 2010 påbörjades ett arbete för att göra dessa tekniska och operativa lösningar för minskandet av växthusgasutsläpp till krav, och året därpå i juli 2011 antogs nya regler. Dessa regler ställer krav på tekniska lösningar för nybyggen och operativa lösningar för alla fartyg. Det här är de första, obligatoriska och globala reglerna för minskade av växthusgaser för en hel industriell sektor.

De här nya reglerna faller inom IMO:s MARPOL-konvention under ett helt nytt kapitel fyra, i Annex VI och kallas "Regulations on energy efficiency for ships". De nya reglerna gör det obligatoriskt för nybyggda fartyg att ha ett så kallat EEDI (Energy Efficiency Design Index). IMO beskriver det nya måttet så här;

"The EEDI provides a specific figure for an individual ship design, expressed in grams of carbon dioxide (CO₂) per ship's capacity-mile (the smaller the EEDI the more energy efficient ship design) and is calculated by a formula based on the technical design parameters for a given ship." (IMO, 2016)

Värdet på fartygets EEDI är alltså beroende av hur fartyget är byggt och är fartygsspecifikt. Målet med de nya reglerna är att minska koldioxidutsläppen ytterligare genom att fartyg byggs till att vara effektivare och släppa ut mindre koldioxid. IMO har också tagit fram det så kallade SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) som är en plan för att på operativ nivå göra ett fartyg både mer energieffektivt och kostnadseffektivt. Den här planen är obligatorisk för både nybyggen och äldre fartyg. I tabell 2 visas resultaten av IMO:s studie av sjöfartens växthusgasutsläpp. (IMO, 2016)

²⁰ Med växthusgasutsläpp inräknas förutom koldioxid, CO₂ även Metan, CH₄ och Lustgas, N₂O.

Tabell 2. Tabell över CO2 utsläpp totalt och från sjöfarten år 2007-2012 och tabell över utsläpp av koldioxidekvivalenter totalt och från sjöfarten år 2007-2012 (IMO, 2014)

Year	Global CO ₂ [1]	Third IMO GHG Study 2014 CO ₂			
		Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	31,409	1,100	3.5%	885	2.8%
2008	32,204	1,135	3.5%	921	2.9%
2009	32,047	978	3.1%	855	2.7%
2010	33,612	915	2.7%	771	2.3%
2011	34,723	1,022	2.9%	850	2.4%
2012	35,640	938	2.6%	796	2.2%
Average	33,273	1,015	3.1%	846	2.6%

Year	Global CO _{2e} [2]	Third IMO GHG Study 2014 CO _{2e}			
		Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	34,881	1,121	3.2%	903	2.6%
2008	35,677	1,157	3.2%	940	2.6%
2009	35,519	998	2.8%	873	2.5%
2010	37,085	935	2.5%	790	2.1%
2011	38,196	1,045	2.7%	871	2.3%
2012	39,113	961	2.5%	816	2.1%
Average	36,745	1,036	2.8%	866	2.4%

2.4 Solenergi

Solens elektromagnetiska strålning skulle under två timmar kunna tillgodose världen med energi för ett helt år med den totala energimängd som hela jordens befolkning förbrukar idag. Det ligger alltså i vårt intresse att ta tillvara på den outtömliga, förnybara energikällan. Under senare år har vi sett en ökning av solenergianvändning i världen. (Energimyndigheten, 2015)

IEA Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) är ett samarbete mellan forskare från 24 olika länder, däribland Finland och Sverige, vars mål är att underlätta ett internationellt samarbete inom solenergiforskning för att kunna övergå till ett mer hållbart energisystem. I deras rapport över år 2014 konstaterades det att 1,1 procent av världens totala elektricitetsförbrukning idag kommer från solenergi. (IEA PVPS, 2015)

Intensiteten i energiflödet från solen är ca 1367 W/m^2 och kallas för solkonstanten. Detta värde gäller dock precis utanför jordens atmosfär och påverkas av bland annat solens avstånd till jorden som förändras cykliskt under året. Då strålningen når jordytan är värdet på energin mindre på grund av diffraktion²¹ och absorption²² i atmosfären, avsaknaden av solljus nattetid och skiftande väderlek. Dessutom har det betydelse var någonstans på jorden vi befinner oss och vilken dag på året det är. Med matematiska formler kan man räkna ut den dagliga solkonstanten för en viss plats. Bombay har till exempel en genomsnittlig daglig solinstrålning på 240 W/m^2 medan Glasgows värde endast är 100 W/m^2 . (Vanek & Albright, 2008)

2.4.1 Solcellsteknik

Redan 1838 upptäckte den franska fysikern Edmund Becquerel vad som kom att kallas för den ”fotovoltaiska effekten”. Han insåg att solljus var energi och att denna kunde omvandlas till elektricitet med hjälp av halvledare. Det var i sig en stor upptäckt men ingenting som på den tiden kunde användas rent praktiskt. Fram till mitten av 1950-talet fortsatte forskningen i ämnet då till slut de första, färdiga solcellerna var framtagna. (Sidén, 2009.)

I solcellernas historia så tidigt som på 1950-talet användes tekniken främst på satelliter för att förse dem med elektricitet. Under 60-, och 70-talet började solcellsteknik användas nere på

²¹ Diffraktion är det fysikaliska fenomen som innebär böjning av vågor då dessa träffar en skarp kant eller spalt.

²² Absorption är den process som gör att en vätska, gas eller en energiform går in och tas upp av ett ämne.

jorden också, främst i avlägsna områden som inte hade möjlighet att koppla in sig på elnätverk, däribland på fyrar. Idag har användningsområdet och mängden användare vuxit. Både av ekonomiska och miljömässiga skäl. Solcellers enda miljöpåverkan är under tillverkningen och då förbrukat material ska förstöras. (Energikunskap, 2009)

Solcellen gör det möjligt att utvinna och omvandla den ström av fotoner som solstrålningen består av till elektrisk energi. De traditionella solcellerna är tillverkade av Kisel, Si, som fungerar som ett halvledarmaterial. Kiselatomen har fyra valenselektroner²³, det vill säga att kiselatomen kan dela elektroner med fyra andra atomer och skapa en tätt ihop packad kristall. Ledningsförmågan hos ett sådant material är låg då elektronerna är fast bundna till sina atomer. När man skapar en solcell ökar man ledningsförmågan genom att föra in ytterligare ett material, så kallad dopning. Om man tillsätter fosfor, som består av en atom med fem elektroner blir en elektron ”över”. Den blir mindre bunden vid en atom och ökar på så sätt ledningsförmågan. Detta negativt laddade kisel kallas n-kisel. Om man istället tillsätter bor, som består av en atom med tre elektroner, så ”fattas” en elektron och bildar på så vis ett hål. Även med dessa ”hål” ökar ledningsförmågan. Detta positivt laddade kisel kallas p-kisel. (Sidén, 2009).

Då solcellen träffas av strålningen från solen uppstår en spänning mellan framsidan och baksidan på cellen. Som bilden nedan visar så finns det framkontakter överst på solcellen, dessa samlar upp de av solstrålningen skapade laddningarna. Under kontakterna finns ett tunt lager av n-dopat kisel och vidare ett tjockare lager av p-dopat kisel. Bakkontakten består av ett metallager som samlar laddningarna och leder bort dem. Den last som solcellen ska driva kopplas in mellan framsidan och baksidan. Ska man ansluta till ett vanligt elsystem måste man också ha en växelriktare som omvandlar likströmmen till växelström. I figur 2 visas en illustration av en traditionell kiselsolcell. (Sidén, 2009).

²³ Valenselektroner är de elektroner som finns i atomens yttersta skal och som oftast deltar i kemiska processer.

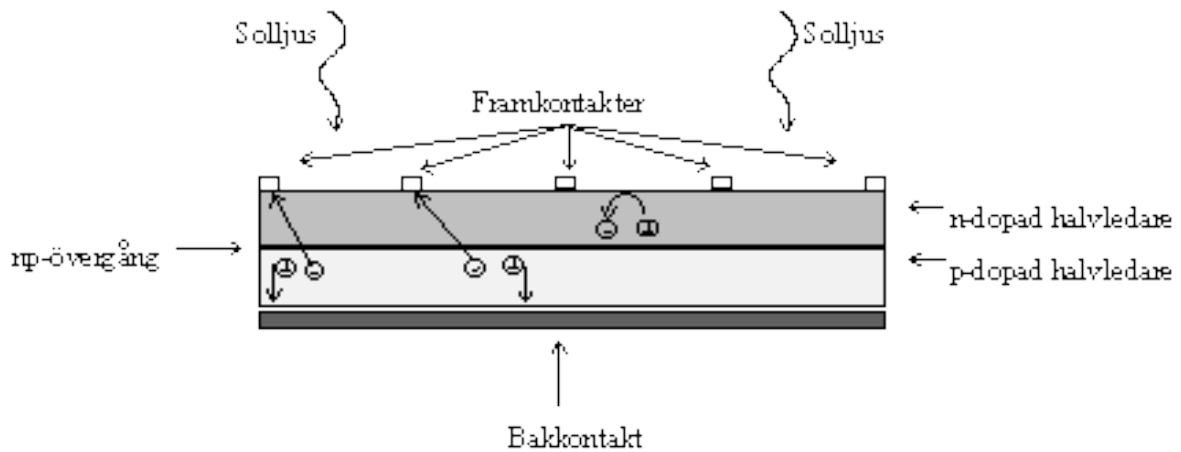


Fig. 2. Illustration av en traditionell kiselcell (Swipnet, 1998)

En enskild solcell ger endast en liten spänning, runt 0,5 V, och är både bräcklig och känslig för yttre faktorer som exempelvis fukt. Därför seriekopplas flera solceller och kapslas in i en solcellsmodul som är tåligare och ger högre spänning. Modulen består av en ram, framsida och baksida – ofta bestående av glas. En solcellsmodul som är 1 m² ger en solig dag runt 150 W. Verkningsgraden hos solceller är relativt låg, den teoretiska verkningsgraden ligger på 29,4 procent medan den verkliga har ett värde på ca 15 procent. Däremot har cellerna av kristallint kisel lång livslängd, man säger att de bör hålla minst 25 år. (Sidén, 2009).

2.4.2 Olika typer av solceller

Monokristallina och Polykristallina solceller

Idag finns det flera olika typer av solceller. Den vanligaste är fortfarande solceller av kristallint kisel. I Monokristallina celler bildar atomerna en perfekt symmetri i kristallen. Detta gör att effekten är bättre samtidigt som priset är högre då framställningsprocessen är mer invecklad. I den vanligare, Polykristallina cellen är symmetrin atomerna emellan mindre



ordnad i kristallen. Det ger en något längre verkningsgrad men ett lägre pris. (Sidén, 2009).

Fig3. Kiselcellspanel (Solcellsexperten, 2016)

Tunnsolceller

Tunnsolceller är som namnet antyder solceller som inte längre är självbärande utan som är så tunna att de kan placeras över ett annat, starkare material som exempelvis glas. Tjockleken på tunnsolceller är ca $1 \mu\text{m}^{24}$ och halvledarmaterialet som används kan vara skiftande. Ett material som har använts är amorft kisel, en variant av kisel där atomerna inte ordnade i någon kristallstruktur. Andra material som används är indium gallium diselenid och kadmium tellurid. Fördelarna med tunnsolceller är bland annat att de har ett lägre pris på grund av



mindre materialkostnader och att de är mer flexibla än vanliga kiselkristallina solceller. Däremot har tunnsolcellerna än så länge en lägre verkningsgrad. (Green, 2000).

Fig. 4. Tunnsolceller (Ren energi AB, 2016)

²⁴ Mikrometer (μm), det vill säga 0,001 mm.

Nanostrukturerade solceller

Grätzelceller, eller nanostrukturerade solceller är en typ av solceller som fungerar med elektrolytvätska och två elektroder varav en får ett belägg av ett färgämne som tar upp solljus. Dessa solceller ska kunna framställas till ett mycket lägre pris på grund av sin enkelhet än kiselkristallina solceller, däremot råder ännu en viss tvekan om grätzelcellernas livslängd. (Sidén, 2009).

Tandelmsolcellen

Tandemceller är en typ av solcell som teoretiskt sätt skulle kunna komma att bli den effektivaste. Tekniken bakom bygger på att två skikt av olika ljusabsorberande material placeras på varandra. De fotoner som det första lagret inte kan ta upp fortsätter vidare och tas upp av nästa material som har ett annat bandgap²⁵ och alltså kan ta upp fotoner med en annan våglängd. Vanlig kisel har ett bandgap på 1,1 eV²⁶ och kan därmed endast ta upp den mängden. Just 1,1 eV motsvarar fotoner med en våglängd av 1100 nm²⁷. Ifall fotonerna bär en större mängd energi tas ändå bara 1,1 eV upp och ifall de bär en mindre mängd energi tas ingenting alls upp. Av solljusets fotoner ligger ca 23 procent över den energinivån. Man kan av detta sammanhang förstå varför det är svårt att få en högre verkningsgrad hos solceller. Genom tekniken bakom tandemceller kan förhoppningsvis verkningsgraden ökas. (Sidén, G, 2009. *Förnybar energi*, Studentlitteratur AB, Lund)

²⁵ Bandgap är den mängd tillförd energi som behövs för att lyfta en elektron från valensbandet till den högre energinivå som kallas ledningsbandet. Bandgapet är beroende av material.

²⁶ Elektronvolt (eV), enhet för mycket små mängder energi. $1 \text{ eV} \approx 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

²⁷ Nanometer (nm); $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ meter}$.

3. METOD

Den metod som används är främst litteraturstudier. Fakta och information om solcellsteknik kommer främst från böcker skrivna i ämnet. Men för att få fram den färskaste informationen om energiförbrukning, statistik och solenergi används vetenskapliga artiklar men även pålitliga Internetkällor. Det här arbetet syftar till att ge en lämplig förståelig helhetsbild av varför vi behöver förnybar energi och därför är litteraturstudier en syftesenlig metod att använda.

För att hitta information om dagens och framtidens användning av solenergi till sjöss används också Internetkällor, främst företag och rederiers hemsidor.

4 RESULTAT

4.1 Solceller inom sjöfarten idag

Det är en relativt ny företeelse med solceller på båtar och fartyg och än så länge utnyttjas solen i relativt liten skala. Det finns att köpa solceller till fritidsbåtar för en relativt liten kostnad och används idag huvudsakligen för underhållsladdning av batterier och dylikt. Men även inom passagerarsjöfarten börjar vi se hur solceller nyttjas mer. Att använda sig av förnybar energi ger inte bara en vinst i själva energiförsörjningen och minskar utsläppen, utan kan dessutom förbättra ett rederis image, då vi som konsumenter idag gärna vill göra klimatsmarta val. Idag är det främst mindre färjor och båtar som helt och hållet drivs av sol – och/eller vindenergi. Men större kryssningsrederier börjar också använda sig av miljövänliga alternativ, även om det görs i mindre skala.

4.1.1 Planet Solar

Planet Solar är ett schweiziskt aktiebolag som grundades 2008 och har sedan dess velat bevisa att vi idag har både tekniken och kunskapen att helt fasa ut fossila bränslen och i stället helt använda oss av förnybara energikällor. I mars 2010 sjösattes Planet Solars fartyg M/S Tûranor PlanetSolar, idag det största fartyget som helt drivs av energi från solen. M/S Tûranor PlanetSolar gav sig ut på en resa jorden runt och kom i maj 2012 tillbaka till startpunkten Monaco efter att ha seglat i 585 dagar enbart på solenergi. Detta i sig kan ses som en historisk händelse. Idag är det ”Race for Water Foundation”²⁸ som har hand om fartyget och som använder det för både vetenskapliga undersökningar och som demonstrationskälla för att visa världen att vi har miljövänliga alternativa energikällor. (Planet Solar, 2016)

M/S Tûranor PlanetSolar är en katamaran och drivs helt och hållet av solceller. Totala ytan av solceller är 512 m². Det är 29124 celler med en verkningsgrad på ca 23 %. Energin från solcellerna går till litium-jon batterier. Med fulladdade batterier kan fartyget segla i 72 timmar utan sol. Det finns två elmotorer placerade i vardera skrov, varje med en kapacitet på 60 kW. Fartyget är 35 meter långt med en total bredd på 23 meter och ett djupgående på 1,5

²⁸ Race For Water Foundation är en välgörenhetsorganisation vars mål är att skydda planetens vatten och hav från föroreningar och plast.

m. Maximal hastighet är 14 knop. Med sitt drivningssystem släpper inte M/S Tûranor PlanetSolar ut någon koldioxid alls. Figur 5 visar ett fotografi av fartyget. (Planet Solar, 2016)



Fig. 5. Fotografi av M/S Tûranor PlanetSolar (Planet Solar, 2016)

4.1.2 Ocius Technology Limited

Ocius Technology Limited, tidigare känt som Solar Sailor Holdings Lt, grundades i Australien 1999 av Dr. Robert Dane. Företaget är specialiserat på nytänkande design och energianvändning med fokus på obemannade fartyg och färjor. Deras första kommersiella fartyg "SolarSailor" drevs av det Australienska kryssningsrederiet "Captain Cook Cruises" mellan 2000 – 2010. (Ocius, 2012/2016)

De passagerarbåtar som under slutet av 90-talet och början av 2000-talet trafikerade hamnen i Sydney drevs i huvudsak av diesellojla och både förorenade luften och skapade en bullrig miljö. Dr. Robert Dane insåg att han skulle kunna förändra saken genom att ta fram en ny sorts färja. Han fick idén till färjan "SolarSailor" från insektsvingar. Han ville ta fram ett fartyg som var miljövänligt, tystgående och praktiskt och som fick sin energi från solen och vinden. SolarSailor är försedd med solcellsklädda vingar som riktar sig efter solen för att få

maximal effekt. Fartyget drivs sedan av batterier kopplade till en elektrisk motor. (Ocius, 2012/2016)

Men vingarna tar inte enbart upp energi från solen, de fungerar även som segel, eftersom att de till skillnad från vanliga tygsegel är styva så tar de bättre upp vinden och då vinden är för stark kan de fällas ned och bli horisontella med ovansidan av fartyget. Sedan SolarSailor har Ocius Technology Lt. Tagit fram flera olika modeller av solcells- och vinddrivna färjor både för kommersiell trafik och båtar sålda till privata köpare. I figur 6 visas ett fotografi av fartyget. (Ocius, 2012/2016)



Fig. 6. Fotografi av SolarSailor (Ocius, 2012)

4.1.3 Solceller på kryssningsfartyg

Kryssningsrederiet ”Celebrity Cruises” som är en del av Royal Caribbean Cruises, är ett av de rederier som försöker göra sitt för miljön. Vid bygget av fartyget ”Celebrity Solstice” låg ett stort fokus på miljön och insatser gjordes på flera olika plan. Det 315 m långa fartyget är försett med 216 solcellspaneler över en yta av 500 m² och energin från solen driver uppskattningsvis 7,000 LED-lampor ombord och alla passagerarhissar. Rederiet säger själva på sin hemsida att den här satsningen på solceller ska hjälpa till att lära ut mer om och utveckla den här viktiga teknologin. Dessutom hoppas de att i framtiden kunna använda mer förnybara energikällor och på så sätt fasa ut de fossila bränslena som används idag. Celebrity Solstice satsningen var den första i sin klass och har återföljts av ytterligare fyra fartyg sedan dess. I figur 7 visas ett fotografi av fartyget. (Celebrity Cruises, 2016)



Fig. 7. Fotografi av Celebrity Solstice (Celebrity Cruises, 2016)

Royal Caribbean Cruises har på sina nyaste fartyg gjort förändringar till miljövänligare alternativ. Målet är att minska energiförbrukningen i stort, bland annat genom att ta fram effektivare fartygsskrov och anpassa farten men även genom att se på alternativa energikällor. Flera fartyg har utrustats med solcellspaneler. Energiförbrukningen på ett kryssningsfartyg är mycket stor och kan idag inte täckas enbart av solenergi. På exempelvis

fartyget "Oasis of the Seas" står solcellsenergin för elektriciteten till belysningen på utvalda delar av fartyget. (Royal Caribbean, 2016)



Fig. 8. Fotografi av Oasis of the Seas (Royal Caribbean, 2016)

4.2 Solceller inom sjöfarten i framtiden

Användningen av solceller till sjöss har ökat på senare tid men än så länge är det främst fritidsbåtar och mindre fartyg som använder sig av energi från solen. Som kan ses ovan så har kryssningsindustrin också upptäckt fördelarna med solceller, både för att kunna uppfylla strängare miljökrav och för att dessutom tillgodose en kundkrets som blir mer och mer miljömedveten. För lastfartyg har också kraven på minskade utsläpp lett till förändringar bland annat i form av effektivare skrov och hastigheter. Än så länge har solcellerna inte nått fraktfartygen men idéer finns.

4.2.1 Solceller i utveckling

Det är svårt att säga vad som kommer att hända inom fältet för solenergi i framtiden. Fokus kommer antagligen främst att ligga på att öka verkningsgraden och att få ner produktionskostnaderna. Som sagt så ligger verkningsgraden på de kommersiella solcellspanelerna på ca 15 – 20 %. De moduler man i laboratoriemiljö testar idag ligger på ca 35-40 % och man tror att dessa inom en överskådlig framtid kommer att bli tillgängliga för alla. Även användningsområdena för solceller idag ökar. Många använder sig av solceller i

trädgårdsbelysningar och ficklampor. I framtiden kommer antagligen användningsområdena öka ytterligare. (Vattenfall, 2016)

I de vanligaste solcellerna idag används som sagt främst kisel som ger en verkningsgrad på ca 15 % och på solcellsfarmer används även ovanliga grundämnen som indium eller tungmetaller som exempelvis kadmium. Detta ger en högre verkningsgrad, runt 20 %. Idag testas man även att använda andra material och ämnen än de som finns i de traditionella solcellerna. Vid University of New South Wales forskar man bland annat på solcellsfilmer gjorda av zink, koppar, tenn och svavel. Ännu är verkningsgraden låg för denna typ av solceller. Fördelen med solcellsfilmen är att den kan sättas på många olika typer av ytor, däribland kiselmoduler för att på så vis öka den totala verkningsgraden till ca 30 %. (Ny Teknik, 2016).

Även vid Uppsala Universitet i Sverige satsar man på tunnfilmssolceller av samma typ av material, en sammansättning av zink, koppar, tenn och svavel och man närmar sig nya världsrekord på verkningsgraden. Det är forskaren Charlotte Platzer-Björkman som vid Ångströmlaboratoriet i Uppsala leder forskningsarbetet inom solcellsteknik. Hon menar i en intervju med Sveriges Radio att målet är att hitta ett material som är billigare, effektivare och mer miljövänligt än dagens material. Olika ämnen kan ta upp olika solspektra. För att öka verkningsgraden testas man i laboratoriet att lägga olika typer av solceller på varandra. På så vis kan solcellen absorbera mer av den energi som finns i solstrålningen. Platzer-Björkman hoppas att kunna få en större förståelse för exakt hur solceller fungerar och att den här nya typen av solceller snart kommer ut på marknaden. (Fredelius, 2016).

4.2.2 Eco Marine Power

Eco Marine Power är ett internationellt teknikföretag baserat i Japan som inriktar sig på innovativa lösningar för att minska fartygs utsläpp. Detta med hjälp av bland annat förnybara energikällor och hybriddrift²⁹. En av de intressantaste produkterna de utvecklat är det så kallade ”Aquarius MRE System”, hårda men vridbara segel för att ta upp vindenergi. Enligt företaget själva ska dessa segel kunna installeras på många olika typer av fartyg, bland annat bulkfartyg, oljetankfartyg, passagerfartyg och offshorefartyg. Idén att genom vindkraft

²⁹ Hybriddrift är som namnet antyder en kombination mellan till exempel elektrisk och dieseldriven framdrift.

minska bränsleförbrukningen är inte helt ny. Efter oljekrisen på 1970-talet, som resulterade i höga oljepriser, testade man i Japan att montera hårda segel gjorda av JAMDA³⁰ på bland annat tankbåten ”Shin Aitoku Maru” vilket då visades sänka bränsleförbrukningen med 10-30 %. Tekniken fick på den tiden inte någon spridning på grund av tekniska och operativa utmaningar. (Eco Marine Power, 2016)

Användandet av solceller har ökat på mindre färjor där det visat sig vara kostnadseffektivt. På större fartyg med större energibehov skulle solenergi täcka en så pass liten del av energiförbrukningen att det enligt Eco Marine Power kanske inte vore praktiskt att installera. De menar dock att största vinningen går att få genom ett system som kombinerar upptaget av energi från vind och sol. Eco Marine Powers ”Aquarius MRE System” kan alltså kompletteras med solcellspaneler på de ställbara seglen. I figur 9 ses en illustration av Eco Marines Aquarius MRE system. (Eco Marine Power, 2016)

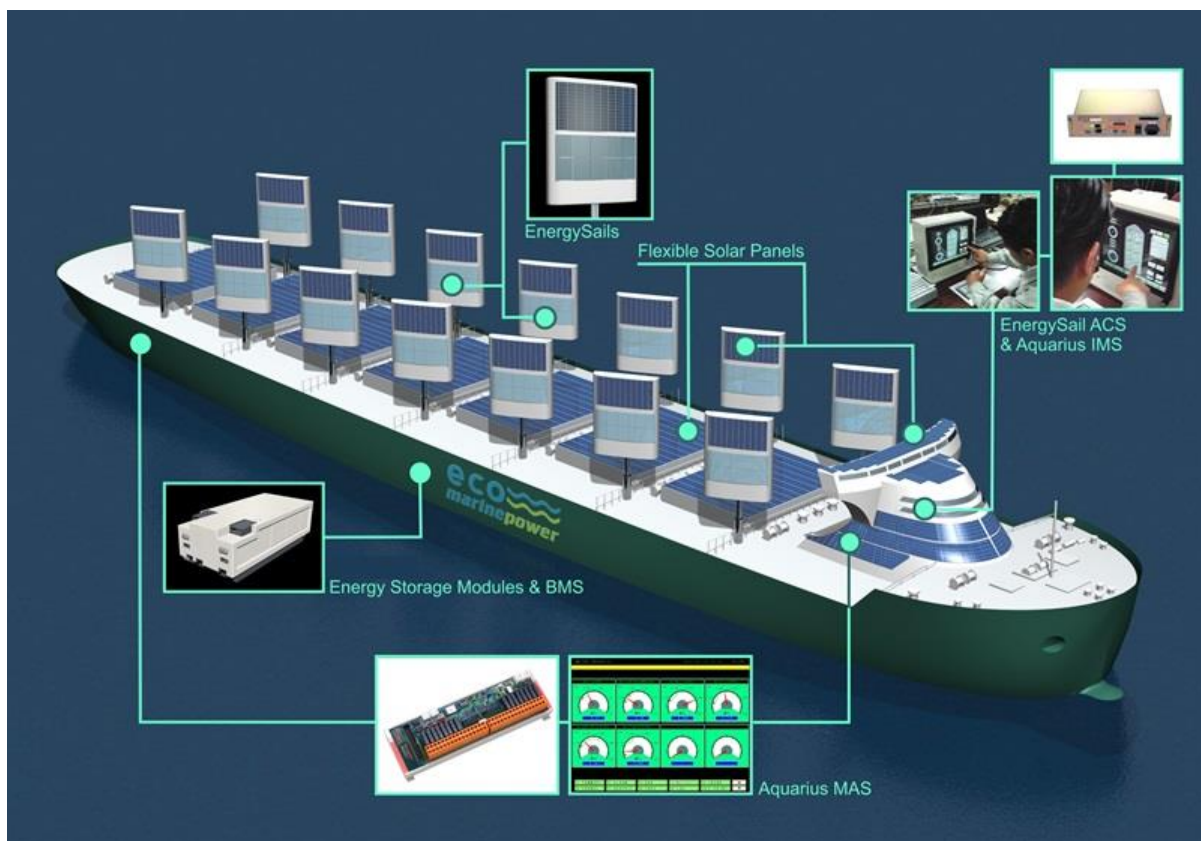


Fig. 9. Illustration av Eco Marine Powers tekniska lösningar (Eco Marine Power, 2016)

³⁰ JAMDA – Japanese Machinery Development Association

4.2.3 Wallenius Shipping

Wallenius Shipping är ett av världens ledande Ro-Ro³¹ rederier och deras fartyg trafikerar hela världen. De ser sig själva som framstående även när det gäller miljö och arbetar konstant för att ta fram miljövänligare alternativ. Genom ihärdigt arbete och fokus på rätt saker säger de sig ofta ligga långt före nya miljökrav och regelverk. Målet är en utsläppsfri shipping industri. 2005 designades Ro-Ro fartyget ”E/S Orcelle” för att visualisera målet för arbetet mot ett helt och hållet hållbart fartyg. (Wallenius, 2016)

”E/S Orcelle” är designat att ta upp till 10 000 bilar, drivs enbart på förnybar energi och är helt utan utsläpp. Tack vare fartygets pentamaranskrov³² och eliminering av traditionell propeller och roder skulle fartyget inte behöva använda sig av ballastvatten. Fartyget skulle ha ett elektriskt framdrivningssystem. Cirka femtio procent av energin till framdrivningssystemet skulle komma från bränsleceller drivna av vätgas. Vidare skulle fartyget utvinna energi från vinden med hjälp av tre segel och från vågorna med hjälp av fenor. Även energi från solen skulle tas till vara med hjälp av solceller installerade på de tre seglen. Solenergi skulle omvandlas till elektricitet för omedelbart bruk alternativt lagring. Än så länge ligger fartyget ”E/S Orcelle” enbart på ritbordet och fungerar som en drömbild och motivation för hårt arbete inom förnybar energi inom sjöfarten. I figur 10 ses en illustration av fartyget E/S Orcelle. (Wallenius, 2016)

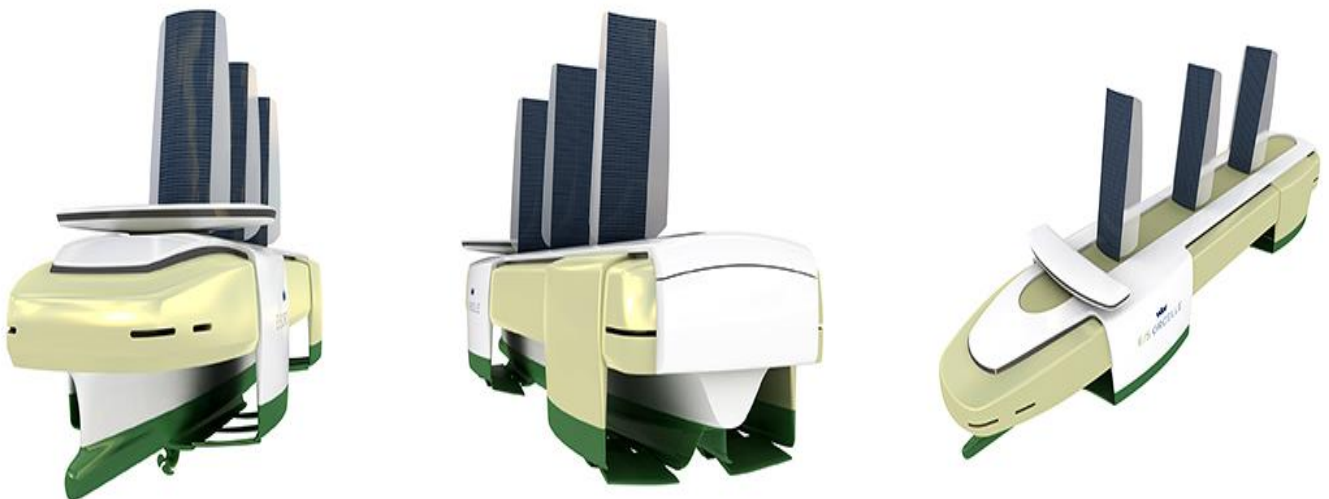


Fig 10. Illustration av E/S Orcelle (Wallenius, 2016)

³¹ Ro-Ro är en förkortning av ”Roll on – Roll off” och beskriver fartyg som tar rullande last på lastdäck.

³² Pentamaranskrov är en skrovform med 5 parallella skrov.

4.2.4 Sauter Carbon Offset Design

Richard Sauter är en designer som tidigare jobbat inom bilindustrin. Under senare år har han arbetat inom lyxjaktindustrin för att minska koldioxidutsläppen. Han kombinerar den modernaste teknologin med sol, - vind, - och vågenergi. Sauter Carbon Offset Design har även börjat intressera sig för lastfartyg. Genom att förändra fartyget på alla plan hoppas man kunna minska växthusgasutsläppen med 50 – 100 %. (Sauter Carbon Offset Design, 2016)

Sauter har designat ”gröna” tankfartyg. Däribland ”Black Magic” som ska kunna minska sina växthusgasutsläpp med 75 – 100 % bland annat genom att använda energi från solceller installerade på en yta av 2000 m² och ställbara vingsegel. ”Emax Deliverance” är en VLCC³³ tanker på ca 330 000 dwt³⁴ som ska minska växthusgasutsläppen med upp till 75%. Tankfartyget har en längd på 426 meter, en bredd på 54 meter och ett djupgående på 18 meter. ”Emax Deliverance” skulle till hälften drivas på LNG och andra hälften på sol, - och vindkraft. Man har räknat med att solenergi på en tankbåt skulle kunna minska bränsleförbrukningen med ca 3,5 %. De fasta seglen är dessutom tänka att vara täckta av en speciell film som förstärker ljuset som träffar solpanelerna under och ökar deras verkningsgrad från 22% till 35%. Man räknar med att priset för det här tankfartyget ligger ungefär 15 % över det pris man kan räkna med för ett konventionellt tankfartyg i samma storleksordning. Som många andra större, högteknologiska fartygsdesigner så ligger detta fartyg ännu bara på ritbordet. Figur 11 visas en illustration av tankfartyget ”Emax Deliverance”. (Sauter Carbon Offset Design, 2016)

³³ VLCC är en förkortning av ”Very Large Crude Carrier” och är ett oljefartyg i storleksordningen ca 200-320 000 dwt (dödvikt).

³⁴ Dwt – Dead weight Tonnage eller dödvikt är ett mått på maximal lastförmåga inräknat last, förråd, bränsle, besättning och passagerare som fartyget kan bära vid lägsta tillåtna fribord.



Fig. 11. Illustration av tankfartyget "Emax deliverance" (Sauter Carbon Offset Design, 2016)

5 DISKUSSION

I det här arbetet ville jag få en bild av situationen för fartyg idag gällande solceller. En bild som egentligen är relativt enkel att förstå och få grepp om. Jag ville knyta samman energiförbrukning, klimatförändringar och behovet av förnybar energi inom sjöfart på ett sådant sätt som gör det överblickbart. Ibland tvingas vi anta nya regelverk som tillsynes mest försvårar i en bransch som redan är komplicerad och omfattande. Att dessutom göra det utan att helt och fullt förstå bakgrunden till varför vi måste värna om miljön gör det om möjligt bara ännu svårare. Det är viktigt att förstå hur stor vår energiförbrukning faktiskt är, och hur våra vidare utsläpp redan påverkar ett klimat i förändring. Jag ville också lägga vikt på just solenergi eftersom solen är en outtömlig källa på energi och i grund och botten även är upphovet till vindar och vågor.

Vad som har blivit helt klart är att vi behöver fasa ut de fossila bränslena från sjöfarten. Vi behöver förnybara energikällor och alternativa lösningar, där solenergi kan vara en bidragande komponent till framtidens miljövänligare fartyg. För att få den radikala förändring som behövs så måste kunskapen om klimatet och vår påverkan på det öka. Allt för ofta styr enbart pengar utvecklingen. Ett utmärkt exempel på det är de Japanska fartyg som försågs med segel efter oljekriserna på 1970 – talet. Det var en förändring i huvudsak beroende på ekonomi, då oljan steg i pris. Det är viktigt att klimatet blir en lika stark och naturlig motivation till förändring.

Ska vi se på det krasst och ärligt så kommer klimatet inte att lyssna på oss. Det går inte att argumentera mot klimatet. Det förändras och det kommer med största säkerhet att bli en negativ förändring både för människor, djur och natur oavsett om vi vill det eller inte. Det är i vår makt förändringen till det bättre ligger, i våra politiska beslut och internationella överenskommelser. Alla måste bidra, då även sjöfarten.

Genom projektet med det helt och hållet solenergidrivna fartyget M/S Tûranor PlanetSolar visades världen att vi har kunskapen och materialen för att kunna dra ner på koldioxidutsläppen helt och hållet för ett fartyg. För att rederier ska kunna fortsätta utvecklas och ha kraft att bygga fartyg så måste de gå med vinst. Tekniken bakom solenergi är fortfarande dyr och inte helt bekymmerfri att installera. Jag tror att vi å ena sidan måste göra

förändringar till alternativa energikällor och fasa ut fossila bränslen. Å andra sidan måste vi förstå att rederierna också måste kunna klara sig ekonomiskt för att alls kunna fortsätta sin verksamhet. Det är en balansgång som vi behöver få att fungera.

Sauter Carbon Offset Design menar att deras designade ”gröna” tankfartyg ”Emax Deliverance” skulle kosta ca 15% mer att bygga än ett traditionellt tankfartyg i samma storlek. Jag hittade flera nydesigner, men ännu har inget av dessa stora, miljövänliga fartyg byggts. Frågan är vem som vågar ta första steget? Det rederi som är först ut med att våga bygga ett sådant här naturekonomiskt fartyg kommer att ha världens ögon på sig från början. Hur det går för dem kommer att lägga grund för huruvida andra rederier vågar göra liknade satsningar vid nybyggen. Det ska bli oerhört intressant att följa utvecklingen och se när det första, miljövänliga och solcellsklädda lastfartyget sjösätts. Det kommer utan tvekan att bli en historisk – och förhoppningsvis positiv – händelse för hela världen.

Solcellsforskningen är ett område som framskrider fort. Fortfarande är kiset det främsta solcellsmaterialet i världen. Helt nya konstellationer av andra ämnen testas på flera platser i världen, bland annat vid Uppsala universitet. Det viktigaste är att effektivisera solcellen och öka verkningsgraden samtidigt som priset behöver sjunka. På så sätt kommer solcellen snart kunna hävda sig på marknaden som en konkurrenskraftig alternativ energikälla.

Just eftersom forskningen inom förnybar energi går framåt snabbt så tror och hoppas jag att vi i framtiden kommer se många fler alternativa lösningar på energi för fartyg som byggs. Med det kräver också en större, genomgripande kunskap om varför vi behöver den nya tekniken och hur den skall används. Även den personal som arbetar med driften ombord på fartyg måste känna till och kunna hantera den här typen av teknik.

6 SLUTSATS

Den första frågeställning var just varför vi behöver förnybar energi och vad följderna kan bli om vi inte motverkar en negativ miljöpåverkan. Energiförbrukningen idag ökar. Länder som tidigare setts som utvecklingsländer blir allt rikare, deras energiförbrukning ökar som följd av utvecklingen och dessutom fortsätter jordens befolkning att öka. Det är konstaterat att de klimatförändringar vi ser idag till stort del är påverkade av människan. Vi håller på att få ett varmare klimat. För oss som bor i kalla norden kan en medeltemperaturhöjning mellan 0,3 – 4,8 grader Celsius nästan ses som en fördel men vi måste tänka längre än så. Många platser på jorden kommer att bli obebodliga antingen på grund av extrem torka eller för att de kommer att täckas av vatten. Detta i sin tur kommer att öka rörligheten bland jordens befolkning då människor tvingas på flykt. Som vi redan känner till orsakar stora emigrerande folkmassor också konflikter. Djurarter och växtarter riskerar att försvinna. Följderna av en temperaturhöjning närmare 4,8 grader skulle således bli mer eller mindre katastrofala och orsaka stort lidande bland både människor och natur. FN:s klimatpanel menar att vi måste göra mer för att förhindra global uppvärmning.

Även andra föroreningar och utsläpp måste minskas. Enligt Världshälsoorganisationen WHO levde 94 % av jordens befolkning år 2014 i luft som inte uppfyllde de riktlinjer som ställts. Resultatet av att leva i förorenad luft kan vara att vi bland annat drabbas av och utvecklar livshotande sjukdomar som cancer och astma.

Sjöfarten är den viktigaste faktorn för global transport idag. Det har tagits fram riktlinjer och regler för effektivare skrov och hastigheter. Negativa utsläpp till luft och vatten regleras hårdare och hårdare. Dessutom ser vi att alternativa och miljövänligare bränslealternativ är på väg in i branschen.

En stor komponent för påskyndandet av växthuseffekten är just förbränningen av fossila bränslen. Fartyg idag körs till största del på olja som släpper ut stora mängder koldioxid till atmosfären. Koldioxiden, som är en av de främsta växthusgaserna, stannar i atmosfären och hindrar solstrålningen från att gå ut igen, vilket resulterar i uppvärmning av jordytan. Fossila bränslen är också som namnet antyder en energikälla som inte är förnybar, eller som i alla fall inte är förnybar i den takt som dagens energiförbrukning kräver. En dag kommer

oljedepåerna att sina och även om oljekriser tidigare varit den främsta orsaken till sökandet efter alternativa energikällor så är det idag klimatförändringar som istället tvingar oss att söka energikällor med mindre negativ miljöpåverkan. Förnybar energi är energi som hela tiden återskapar sig själv, som exempelvis solenergi. Det är ren energi som i sig inte påverkar miljön negativt. Utan solen skulle vi inte kunna leva på den här planeten. Solens elektromagnetiska strålning skulle under två timmar kunna tillgodose världen med energi för ett helt år med den totala energimängd som hela jordens befolkning förbrukar idag. Som svar på den första frågeställningen kan vi helt klar se behovet av förnybar energi och förhindrandet av mer negativ miljöpåverkan.

För att förstå solcellsanvändningen på fartyg så måste man förstå hur energiutvinning från solen fungerar. Solcellen gör det praktiskt möjligt att utvinna och omvandla solstrålning till elektrisk energi. Idag traditionellt med hjälp av kisel som halvledarmaterial. Med hjälp av flera komponenter skapar man en solcell som sedan kombineras med flera celler för att skapa en solcellspanel. Det finns flera olika typer av solceller, var och en med sina för- och nackdelar, och att det forskas ihärdigt inom ämnet. Problematiken med solceller tycks vara att öka verkningsgraden hos panelerna. Idag är den verkliga verkningsgraden fortfarande mycket låg, vanligen runt ca 15 % och den teoretiska närmare 30 %. Högkvalitativa kisel-solceller kan ha en något högre verkningsgrad är 15 % med är då å andra sidan dyrare. Materialkostnader och en låg verkningsgrad har varit några av de problem som forskare inom solcellsteknik stött på. Intressant är en fortfarande relativ ny forskning där man med helt nya material (zink, koppar, tenn och svavel) skapar tunnfilmer som bland annat ska kunna fästas på en traditionell solcellspanel av kisel. På så sätt ska mer energi kunna tas upp och verkningsgraden öka.

Den andra och tredje frågeställningen handlade om hur solceller används inom sjöfarten idag och hur den kan komma att användas i framtiden. Solcellstekniken inom sjöfarten är fortfarande på många sätt i sin vagga. Det blir allt vanligare att vi använder solceller på våra fritidsbåtar och sommarstugor. Problematiken har länge varit ett dyrt inköpspris, men när komponenterna blir billigare blir också möjligheterna för gemene man att använda sig av solceller större. Ännu används solceller dock inte inom någon större skala inom sjöfarten då det gäller större fartyg. Planet Solars fartyg M/S Tûranor PlanetSolar är det största fartyg idag som helt drivs av solceller. Ett fascinerande fartyg som idag främst används i syfte att visa världen att det är möjligt att framföra ett fartyg utan att släppa ut några växthusgaser eller

föreningar och att vi har tekniken och kunskapen som behövs för att skapa ett sådant här fartyg. Vad man bör ha i åtanke är kunskapen och pengarna som ligger bakom den här banbrytande konstruktionen.

Även i Australien, ett land välsignat med många soltimmar per dag, bygger Ocious Technology Lt fartyg som drivs helt eller delvis på sol-och vind energi. Ännu idag ses dessa företag som pionjärer och deras byggen som mycket innovativa. Tveklöst behöver vi och klimatet den här tekniken. Frågan är om utvecklingen kan gå fram snabbt nog?

På större fartyg syns solceller främst på kryssningsfartyg. De kan idag inte tillgodose fartyget med någon desto större energitillförsel men det är ett steg på vägen och det visar att rederier idag är medvetna om problematiken vi står inför. Att som rederi kunna visa att man värnar om miljön, kan vara ett gott marknadsföringsverktyg då människor idag blir allt mer medvetna om den miljöpåverkan människan haft.

Den framtida användningen av solceller till sjöss är svår att förutsäga. Däremot finns det flera företag som erbjuder alternativa tekniska lösningar för att minska bränsleförbrukningen. Till exempel är Eco Marine Power ett företag som ger just sådana lösningar. Deras främsta produkt är det fasta men ställbara seglet som tar upp och använder sig av vindenergi och som kan förses med solpaneler för att samtidigt ta upp solenergi. Enligt företaget självt så kan det här seglet installeras på många olika typer av fartyg, däribland bulkfartyg och tankfartyg. Vad som var intressant var att hårda segel redan använts på Japanska tankfartyg under 1980-talet efter oljekrisen på 1970-talet och då visats minska bränsleförbrukningen med upp till 30 %. På grund av tekniska och operativa svårigheter lades idéerna mer eller mindre ner då oljekrisen var över och det var billigare och enklare att övergå helt till fossila bränslen igen. Efter att ha läst om Wallenius vision om ett ro-ro fartyg helt utan utsläpp och med en helt banbrytande design insåg jag att viljan och visionen för förändring finns. Även Sauter Carbon Offset Design har designat ett miljövänligare tankfartyg med både ställbara segel och solceller som till 50 % skulle drivas av LNG och resterande 50 % på sol, - och vindkraft. Ännu har dock inte någon av dessa designade, gröna fartyg byggts.

Forskningen inom solceller framskrider hela tiden runt om i världen och mycket har hänt under ett få antal år. Striktare miljökrav och ett klimat som inte kan vänta på att vår kunskap och att vår förmåga till förändring ska öka pressar utvecklingen framåt. Det är svårt att säga

hur fartyg kommer att använda sig av solceller inom framtiden men trenden på senare år har visat på en ökad vilja och ett växande intresse samt en ökad användning.

Det ska bli spännande att se vad som händer i framtiden om och när utbildningarna inom sjöfart börjar ta upp den här alternativa tekniken i utbildningen. Det är också intresseväckande att följa hur skolorna, rederierna och de arbetande sjömännen ser på frågan om klimatet och förnybara energikällor, som t.ex. solenergi till sjöss.

Intressant för kommande forskningsarbeten i ämnet vore att ta reda på vad som har hänt sedan det här arbetet skrevs, just eftersom att forskningen går så fort framåt. Det vore även intressant att ta reda på hur rederier ställer sig till de här nya, miljövänligt designade fartygen och om de redan i nuläget skulle överväga en alternativ design vid nästa nybygge.

KÄLLHÄNVISNING

Airclim.(2013). *Luftföroreningar från internationell sjöfart.*

<http://www.airclim.se/luftf%C3%B6roreningar-fr%C3%A5n-internationell-sj%C3%B6fart>
(Hämtat: 2016-10-25)

Celebrity Cruises. (2016). *Environmental Initiatives.* <http://www.celebritycruises.com/about-celebrity/environmental-initiatives> (Hämtat; 2016-11-03)

Ecomarine Power. (2016). *Wind and solar Marine Power,*
<http://www.ecomarinepower.com/en/products/15-wind-and-solar-marine-power> (Hämtat
2016-11-01)

Energikunskap. (2009). *Vad är energi?*

<http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fossil-energi/>
(Hämtat 2016-10-01)

Energikunskap. (2009). *Förnybara energikällor.*

<http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Sol/Solceller/> (Hämtat:2016-10-28)

Energimyndigheten. (2015). *Nu finns energiläget i siffror 2015.*

<http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2015/nu-finns-energilaget-i-siffror-2015/>
(Hämtat: 2016-10-02)

Energimyndigheten. (2015). *Solenergi.*

<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/> (Hämtat: 2016-10-02)

Fredelius, Ada. (2016). *Svenska forskare skapar effektiv solcell.*

<http://www.nyteknik.se/innovation/svenska-forskare-skapar-effektiv-solcell-6591222>
(Hämtat 2016 -11-10)

Green, M. (2000). *Solceller – från solljus till elektricitet,* AB Svensk byggtjänst

IEA PVPS. (2015). *Trends in photovoltaic Applications* <http://iea-pvps.org/index.php?id=256>
(Hämtat: 2016-10-05)

IMO. (2014). *Third Greenhouse Gas Study 2014* (www.imo.org) (Hämtat: 2016-10-28)

IMO. (2016). *Energy Efficiency Measures*

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx> (Hämtat: 2016-10-28)

IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers*, <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (Hämtat: 2016-10-10)

Jordbruksverket .(2016). *Vad är förnybar energi?* <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/begransadklimatpaverkan/fornybarenergi/vadarfornybarenergi.4.2a19d05112133800c8b800089.html> (Hämtat: 2016-10-25)

NASA. (2016). *A blanket around the earth*. <http://climate.nasa.gov/causes/> (Hämtat 2016-10-01)

Naturvårdsverket. (2016). *Utsläpp av växthusgaser från utrikes sjöfart och flyg*. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-utrikes-sjofart-och-flyg/> (Hämtat: 2016-10-03)

Naturvårdsverket. (2016). *Luftföroreningar och dess effekter*. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/> (Hämtat; 2016-10-25)

Ny Teknik. (2016). *Flera framsteg inom solcellsområdet*. <http://www.nyteknik.se/energi/flera-framsteg-inom-solcellsområdet-6543006> (Hämtat 2016-11-10)

Ocius. (2016). *History*. <http://ocius.com.au/who-we-are/history/> (Hämtat:2016-11-02)

Ocius. (2012). *News*. <http://ocius.com.au/2012/12/bbc-interview/> (Hämtat: 2016-11-02)

Planet Solar. (2016). *Our achievements*, www.planetsolar.ch/ (Hämtat: 2016-10-28)

Ren Energi AB. (2016). *Tunnsfilmsoleller*, <http://renenergiverige.se/olika-typer-av-solceller> (Hämtat 2016-11-29)

Royal Caribbean. (2016). *Royal Caribbean and the environment*. <http://www.royalcaribbean.com/ourCompany/environment/rcAndEnvironment.do> (Hämtat: 2016-11-03)

Sauter Caron Offset Design. (2016). *SCOD*. <http://www.sautercarbonoffsetdesign.com/emax-deliverance-dyna-wing-supertanker.html> (Hämtat: 2016-11-10)

Siden, G .(2009). *Förnybar energi*, Studentlitteratur AB, Lund

Solcellsexperten .(2016). *Solcellspaneler*, <http://solcellsexperten.se/portfolio/solcellspaneler/> (Hämtat: 2016-11-29)

Swipnet. (1998). <http://home.swipnet.se/~w-74877/solceller/solceller.htm> (Hämtat: 2016-10-10)

Vattenfall. (2016). *Solenergi i framtiden*. <https://corporate.vattenfall.se/om-energi/el-och-varmeproduktion/solenergi/solenergi-i-framtiden> (Hämtat: 2016-11-12)

Vanek, F, Albright, L. (2008). *Energisystemteknik – utvärdering och genomförande*, Liber AB

Wallenius. (2016). *E/S ORCELLE*.

<http://www.walleniuslines.com/Environment/Environment/ES-ORCELLE/>

(Hämtat: 2016-11-09)

WHO. (2016). *Air Pollution*. <http://www.who.int/ceh/risks/cehair/en/> (Hämtat: 2016-10-25)