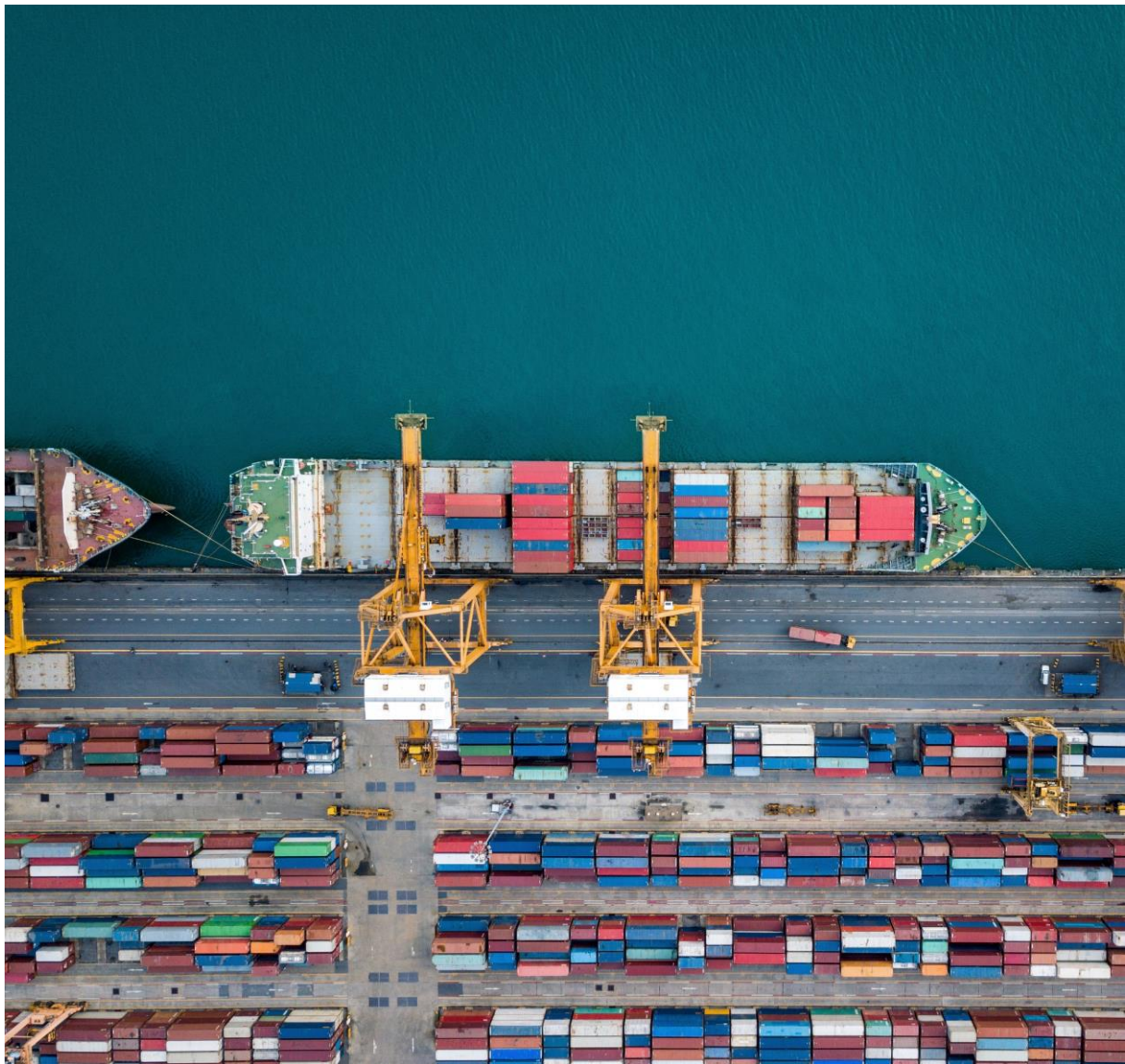


VEDVARENDE ENERGI TIL PTX BRÆNDSTOFFER I SKIBSFARTEN – DET DANSKE POTENTIALE

TEKNISK RAPPORT FOR DANSKE REDERIER OG GREEN POWER DENMARK



VEDVARENDE ENERGI TIL PTX BRÆNDSTOFFER I SKIBSFARTEN – DET DANSKE POTENTIALE

TEKNISK RAPPORT FOR DANSKE REDERIER OG GREEN POWER DENMARK

PROJEKTNR.

A242006

DOKUMENTNR.

001

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

01-06-2022

BESKRIVELSE

Teknisk Rapport

UDARBEJDET

MIDB

KONTROLLERET

OLEK

GODKENDT

MIDB

INDHOLD

1	Resumé	5
2	Introduktion	12
3	Flådefornyelse og ny teknologi	16
4	Drivmiddelalternativer i omstillingen	19
4.1	E-metanol	20
4.2	E-ammoniak	21
4.3	Omlægning til et mix af e-metanol og e-ammoniak	22
5	Tre scenarier for efterspørgsel efter danske brændstoffer til skibsfarten	24
5.1	Scenarie 1: Opfyldelse af den danske klimalov	24
5.2	Scenarie 2: Brændstof til international skibs- og luftfart bunkret i danske (luft)havne	26
5.3	Scenarie 3: Danmark eksporterer drivmidler til den internationale skibsfart.	28
5.4	Opsummering	31
6	Danmark i front	33
6.1	Vedvarende elektricitet	34
6.2	Vedvarende brint	40
6.3	Biogas og biomasse	42
6.4	Opsummering	46
7	Barrierer i PtX værdikæden	48
7.1	Barrierer der berører hele værdikæden	48
7.2	Kilder	49
7.3	Transmission	51

7.4	Produktion	53
7.5	Distribution	56
7.6	Anvendelse	57
8	Konklusion	63
9	Referencer	65

1 Resumé

Danske Rederier har en ambitiøs målsætning for den grønne omstilling af dansk skibsfart, der indebærer at alle dansk opererede skibe skal være CO₂ neutrale i 2050, og at 5 % af skibene skal kunne anvende grønne drivmidler allerede i 2030.¹

I denne analyse vurderes omfanget af efterspørgslen efter PtX drivmidler fra skibsfarten, med fokus på e-metanol og e-ammoniak. Dette bruges til at opgøre behovet for vedvarende strøm, brint samt biomasse og biogas, der derefter sammenlignes med den planlagte danske produktion af disse bæredygtige input. For strømproduktion sammenlignes der derudover med regeringens seneste udspil: *Danmark kan mere II* (Regeringen, 2022).

Behovet for bæredygtige input beregnes ud fra tre efterspørgselsscenarier, der primært varierer i forhold til hvor stor del af skibsfarten der omstilles. Efterspørgselsscenarierne inkluderer:

- > **Scenarie 1: Opfyldelse af den danske klimalov.** Dansk indenrigs søtransport indgår i klimaloven og en omlægning af denne indregnes derfor i det første efterspørgselsscenarie. Omfanget af elektrificering, der især vil være relevant for indenrigs skibstransport, tages med i betragtning.
- > **Scenarie 2: Brændstof til international skibs- og luftfart bunkret i danske (luft)havne.** Udover de elementer der ligger i Scenarie 1, inkluderer scenarie 2 en andel af international fly- og skibstrafik. Dette indregnes som de mængder, der bunkres i danske havne eller lufthavne, uanset nationalitet eller anvendelse.
- > **Scenarie 3: Danmark eksporterer drivmidler til den internationale skibsfart.** I tredje scenarie inkluderes energimængderne fra scenarie 1 og 2, og derudover et potentiale for eksport af drivmidler til den internationale skibsfart. For at anskueliggøre størrelsen af dette potentiale anvendes data fra IMO for energimængder til skibstransport i Østersøen. Dette vurderes som et

¹ "Dansk skibsfart" betyder i denne kontekst de skibe, der opereres af danske rederier

konservativt estimat for eksportpotentialet, der i realiteten rummer muligheden for betydelig eksport af brændsler til store bunkerhubs i fx. Holland, Tyskland og Belgien.

De tre scenarier er illustreret i figuren nedenfor.



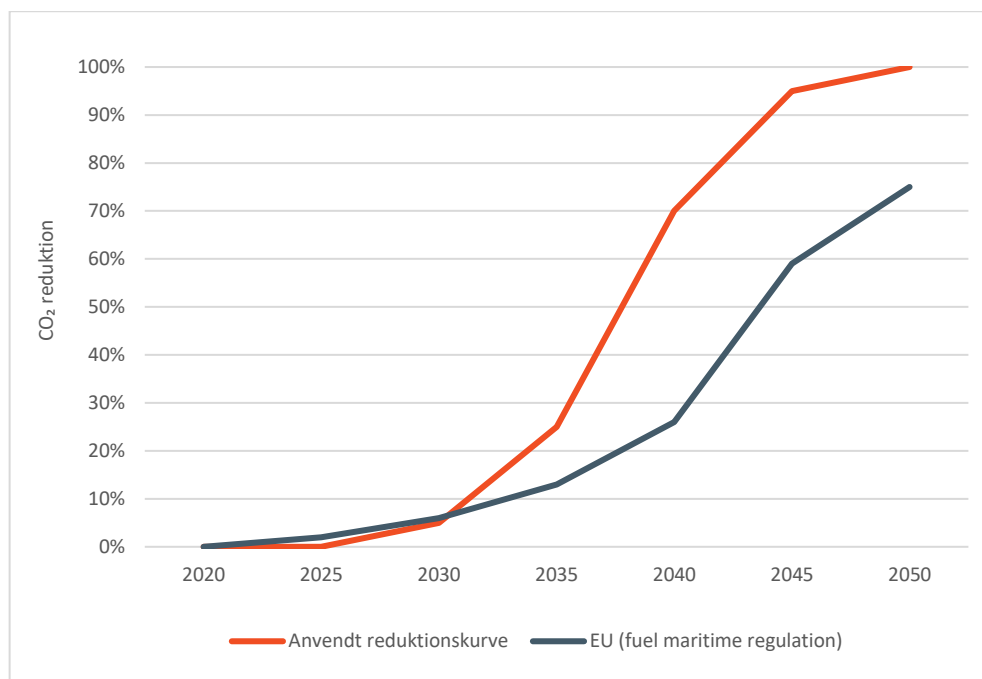
Figur 1-1: Illustration af de tre efterspørgselsscenarier

Note: Scenarie 1, der omfatter dansk indenrigsskibsfart, illustreres af den gule cirkel. Scenarie 2, der inkluderer Scenarie 1 samt brændstof der bunkres i Danmark og anvendes til international skibsfart illustreres af den grønne cirkel og pilene der går til internationale destinationer. Scenarie 3, der inkluderer scenarie 1 og 2 samt det danske potentiale for eksport af drivmidler med udgangspunkt i anvendte energimængder i Østersøområdet, illustreres af den røde cirkel.

Omstillingen af skibsfarten kan ikke ses isoleret, men skal ses i sammenhæng med omstillingen der finder sted i de øvrige sektorer i samfundet. For alle scenarier antages det, at efterspørgslen fra øvrige sektorer flugter med de danske klimamålsætninger.

For at vurdere udviklingen i omstillingen indenfor skibsfarten er der udarbejdet et grundlæggende, men ambitiøst indfasningsforløb, der fører frem til Danske Rederiers målsætning om 100% fossilfri søfart i 2050. Omstillingen af skibsfarten sker ikke fra den ene dag til den næste, men følger en teknologisk udvikling. Indfasningsforløbet tager hensyn til at skibe normalt anvendes i 25 år før de hugges op, samt at den danske flåde er yngre, idet mange skibe sælges videre inden de er 25 år.

Som vist i Figur 1-2 er indfasningsforløbet for den grønne omstilling en del mere ambitiøs end hvad EU Kommissionen har fremlagt i deres FuelEU Maritime udspil, og viser en stor stigning i CO₂ reduktion efter 2030.



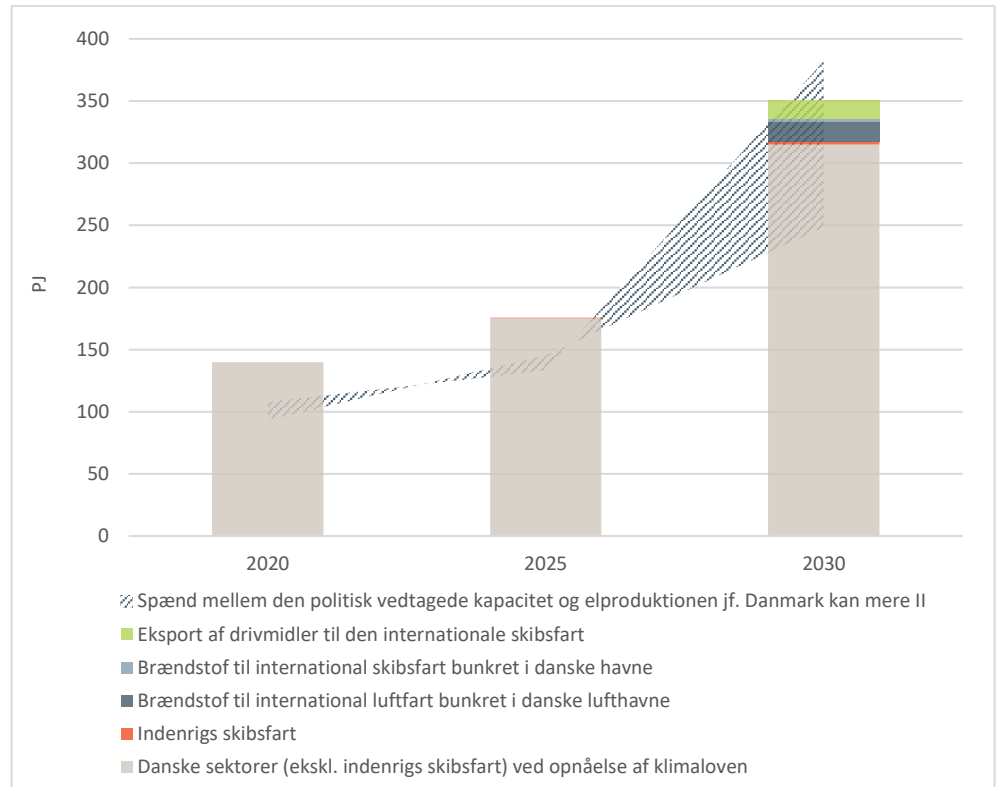
Figur 1-2: Anvendt reduktionskurve for omstilling af skibsfarten

Kilde: COWI gennem interviews med danske rederier og Fuel EU Maritime

Hovedvægten i analyserne ser på kombinationen af at bruge e-metanol og e-ammoniak. Det er svært at give et præcist bud på, hvordan sammensætningen af disse to brændstoffer vil være. Det er i dag muligt at bestille skibe, der kan sejle på metanol, mens anvendelse af ammoniak som drivmiddel til skib ikke er færdig til kommerialisering, da der bl.a. mangler standarder for sikker håndtering af ammoniak som brændstof. Batteridrevne skibe (især indenrigsfærger) findes allerede og vil være i vækst i de kommende år. Da e-metanol skibene er foran i udviklingen, er det efter dialog med eksperter i branchen vurderet, at en kombination med 20 % e-ammoniak og 80 % e-metanol i 2025 og den modsatte sammensætning i 2050 vil være realistisk.

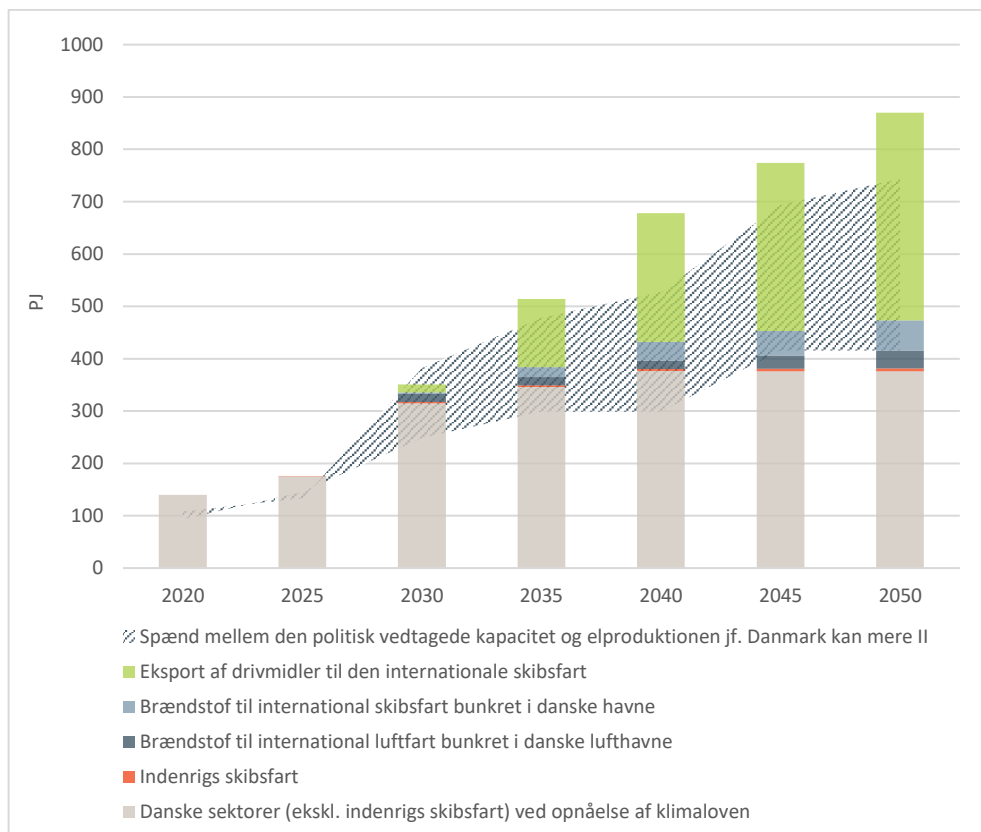
Figur 1-3 og Figur 1-4 viser sammensætning i efterspørgslen fra de forskellige sektorer, der efterspørger vedvarende strøm (opgivet i energienheden PJ). Figurerne illustrerer også et spænd for produktion af vedvarende elektricitet, baseret på den nuværende planlagte produktion af vedvarende strøm som et minimums-estimat og regeringens udspil *Danmark kan mere II* som et maksimums-estimat. Frem mod 2050 er der faste aftaler om at øge produktionen af vedvarende elektricitet til 416 PJ. Dette vil, hvis regeringens udspil *Danmark kan mere II* vedtages, stige til 744 PJ.

Som det fremgår af de to figurer, er der særlig vækst i efterspørgslen fra øvrige danske sektorer frem mod 2030, hvor 70 % målsætningen skal opnås.



Figur 1-3: Forventet efterspørgsel efter vedvarende strøm (PJ) fra forskellige sektorer som resultat af omlægning af skibsfarten mellem 2020 og 2030

Efter 2030 forventes en lavere vækst, dels fordi målsætningen om klimaneutralitet i 2050 kræver en lavere omstillingsrate, og dels fordi der i samme periode forventes at ske en udskiftning af produktionsapparater over mod mere energieffektive alternativer. Som vist i Figur 1-4 er stigningen i efterspørgsel fra 2030 og frem mod 2050 derfor drevet af dels den internationale flytrafik og den internationale skibstrafik, der bunkrer i Danmark. Efterspørgslen fra indenrigsskibstrafikken er i den sammenhæng ubetydelig. Figur 1-4 viser også, at den nationale og internationale skibstrafik, inklusiv eksportpotentialet, står for over halvdelen af den samlede efterspørgsel i 2050. Dette til trods for, at der er valgt et konservativt skøn for vurdering af eksportpotentialet.



Figur 1-4: Forventet efterspørgsel efter vedvarende strøm (PJ) fra forskellige sektorer som resultat af omlægning af skibsfarten mellem 2020 og 2030

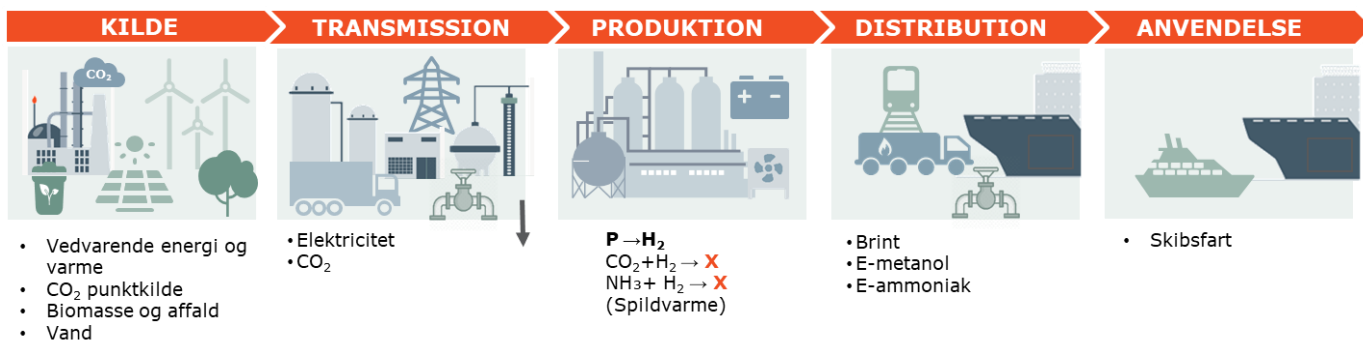
Sammenholdes behovet for vedvarende elektricitet med den planlagte produktion jf. minimumsestimatet fremgår det af de to figurer, at der frem mod 2035 er mangel på grøn strøm i Danmark, selv hvis de aftalte planer om energigøer og 2 GW ekstra havvind realiseres. Først omkring 2042, med opførelsen af yderligere 7 GW for energigøen i Nordsøen, vil den planlagte produktion kunne imødekomme både indenlandsk efterspørgsel og et vist omfang af eksport til andre havne eller en del af skibstrafikken gennem Østersøen. Selv med regeringens yderligere ambition jf. *Danmark kan mere II* vil der frem mod 2030 være udfordringer med tilgængeligheden af vedvarende strøm, hvorefter der vil være mulighed for eksport af strøm eller produktion af PtX brændstoffer til skibsfarten.

I forhold til den planlagte brintproduktion viser analyserne, at den planlagte produktion på 4-6 GW vil være tilstrækkelig for at imødekomme den indenlandske efterspørgsel, og til dels også den danske andel af international skibs- og flytransport. Til gengæld vil det ikke være nok til at dække det fulde eksportpotentiale.

Til sidst viser analyserne, at den største begrænsning kan være adgang til biogas og biomasse til at kunne producere tilstrækkelige mængder e-metanol. Produktionen af e-metanol som et PtX-brændstof kræver adgang til bæredygtig karbon enten direkte fra biomasse eller biogas, eller indirekte via CO₂ fangst fra fx biomasse eller affaldsbaserede kraftværker. Den store efterspørgsel efter karbonbaserede brændsler fra skibsfart, luftfart og industri vil overstige det nationale potentiale frem mod 2040, for alle scenarier. Dette til trods for, at flere

sektorer vil reducere anvendelsen af karbonbaserede brændsler i takt med at produktionsapparater udskiftes. Produktion af e-ammoniak er ikke afhængig af bæredygtig karbon hvorfor en høj anvendelse af e-ammoniak i skibsfarten er en måde at begrænse konkurrencen om de karbonbaserede drivmidler.

Som et supplement til disse opgørelser berører analysen om der er specielle barrierer, der har betydning for værdikæden for PtX i Danmark. Værdikæden er illustreret i Figur 1-5. For hele værdikæden gælder det, at der er lang sagsbehandlingstid for myndighedsgodkendelser, blandt andet fordi der opleves en betydelig borgermodstand mod opførelse af større anlæg. Derudover er værdikæden præget af, at hvert led består af en række enkeltaktører, der hver især skal investere store milliardbeløb i sit respektive produktionsled, for at værdikæden skal hænge sammen. De enkelte aktører er i høj grad afhængige af andre aktørers samarbejdsvillighed, hvorfor investeringsrisikoen opleves ekstraordinært høj.



Figur 1-5: Illustration af værdikæden for PtX (e-metanol og e-ammoniak)

Udover ovennævnte generelle barrierer er der specifikke barrierer, der relaterer sig til de forskellige led i kæden fra kilde til propel, som bør adresseres. Disse inkluderer:

- > Barrierer relateret til **kilderne**:
 - > Usikkerhed om tilgængelighed af og markedspriser for vedvarende energi (strøm og biomasse)
 - > Manglende definition af, hvilke kilder der defineres som bæredygtige for skibsfarten. Den nuværende regulering af energiproduktion omfatter ikke fremstilling af PtX produkter
- > Barrierer relateret til **transmission**:
 - > Behov for forstærkning af eltransmissionsnettet og klarhed over tariffer
 - > Behov for fastlæggelse af rammevilkår og infrastruktur for transmission af CO₂. Dette er i dag et ureguleret område, så prisfastsættelsen er uklar.
 - > Etablering af rørnetværk til transmission af brint. Udover etablering af et net udestår etablering af en markedsplatform for brint.
- > Barrierer relateret til **produktion**:
 - > Mangel på arbejdskraft
- > Barrierer relateret til **distribution**:

- > Manglende havneinfrastruktur til lagring og distribution af PtX drivmidler

- > Barrierer relateret til **anvendelse**:
 - > Manglende viden og enighed om sikkerhedsaspekter ved håndtering af PtX brændstoffer
 - > Usikkerhed om fremtidige CO₂ standarder og -afgifter for skibsfarten
 - > Usikkerhed om tilgængelighed og pris for PtX brændstoffer til skibsfarten

2 Introduktion

Danske Rederier har en ambitiøs målsætning for den grønne omstilling af dansk skibsfart, der indebærer, at dansk opererede skibe, bliver CO₂ neutrale i 2050, og at 5 % af skibene kan anvende grønne drivmidler allerede i 2030.²

Nærværende analyse vurderer omfanget af efterspørgslen efter PtX drivmidler fra skibsfarten, med fokus på e-metanol og e-ammoniak, med udgangspunkt i Danske Rederiers ambitioner.

For at belyse dette emne er der opstillet tre efterspørgselsscenarioer for energimængder der efterspørges fra skibsfarten, udarbejdet en indfasningskurve for den grønne omstilling, samt truffet nogle metodiske valg i forhold til hvilke drivmidler der ønskes beregnet på. De metodiske overvejelser for analysen er illustreret i Figur 2-1, samt yderligere forklaret nedenfor.



Figur 2-1: Illustration af de metodiske overvejelser i analysen

Figur 2-1 viser at der først er udarbejdet en indfasningskurve for den grønne omstilling, baseret på Danske Rederiers målsætning samt interviews med ledende aktører i branchen.

Dernæst er det udvalgt hvilke PtX drivmiddel der forventes at blive mest relevante i den grønne omstilling af skibsfarten. Her er det valgt at fokusere på e-metanol, e-ammoniak samt et mix af disse to brændstoffer. Fordelingen i dette mix tager hensyn til udmeldte behov fra ledende aktører indenfor dansk skibsfart, samt eventuelle begrænsninger i tilgængelighed af råstoffer til brændstofproduktion.

Endelig er der opstillet tre efterspørgselsscenarioer, der primært varierer i forhold til hvor stor del af skibsfarten der omstilles. Efterspørgselsscenarioerne inkluderer:

- > **Scenarie 1: Opfyldelse af den danske klimalov.** Dansk indenrigs søtransport indgår i klimaloven og en omlægning af denne er derfor indregnet i det

² "Dansk skibsfart" betyder i denne kontekst de skibe, der opereres af danske rederier

første efterspørgselsscenario. Omfanget af elektrificering, der især vil være relevant for indenrigs skibstransport, tages med i betragtning.

- > **Scenarie 2: Brændstof til international skibs- og luftfart bunkret i danske (luft)havne.** Udover de elementer der ligger i Scenarie 1, inkluderer scenarie 2 en andel af international fly- og skibstrafik. Dette er indregnet som de mængder, der bunkres i danske havne eller lufthavne, uanset nationalitet eller anvendelse.
- > **Scenarie 3: Danmark eksporterer drivmidler til den internationale skibsfart.** I tredje scenarie inkluderes energimængderne fra scenarie 1 og 2, og derudover et potentiale for eksport af drivmidler til den internationale skibsfart. For at anskueliggøre størrelsen af dette potentiale anvendes data fra IMO for energimængder til skibstransport i Østersøen. Dette vurderes som et konservativt estimat for eksportpotentialet, der i realiteten rummer muligheden for betydelig eksport af brændsler til store bunkerhubs i fx. Holland, Tyskland og Belgien.

De tre efterspørgselsscenerier er illustreret i de to figurer nedenfor.



Figur 2-2: Illustration af de tre efterspørgselsscenerier

Note: Scenarier 1, der omfatter dansk indenrigsskibsfart, illustreres af den gule cirkel. Scenarie 2, der inkluderer Scenarie 1 samt brændstof der bunkres i Danmark og anvendes til international skibsfart illustreres af den grønne cirkel og pilene der går til internationale destinationer. Scenarie 3, der inkluderer scenarie 1 og 2 samt det danske potentiale for eksport af drivmidler med udgangspunkt i anvendte energimængder i Østersøområdet, illustreres af den røde cirkel.



Figur 2-3: Illustration af de tre efterspørgsels-scenarier

Note: Scenarier 1, let og tung vejtransport, tog, national søfart og lufttrafik, forsvaret, serviceerhverv, land- og skovbrug, industri (fremstilling), industri (bygge og anlæg), husholdning samt energiproduktion. Scenarie 2, inkluderer Scenarie 1 samt brændstof der bunkres i Danmark og anvendes til international skibsfart samt international flytrafik. Scenarie 3, inkluderer scenarie 1 og 2 samt det danske potentiale for eksport af drivmidler med udgangspunkt i anvendte energimængder i Østersøområdet.

Scenarierne præsenteres i detalje i kapitel 5, inklusiv en vurdering af de data, der indgår i beregningerne.

Analysen har to formål. Først skal analysen vise hvilke mængder PtX, der efterspørges i hver af de tre scenarier, givet en ambitiøs omlægning af skibsfarten, jf. Danske Rederiers målsætning. Her tages udgangspunkt i, at skibsfarten vil anvende et mix af forskellige brændsler, jf. kapitel 4.3. Efterspørgselsmængderne vurderes for tidsnedslag i 2025, 2030, 2040 og 2050, og resultaterne gennemgås i kapitel 3.

Dernæst skal analysen vise konsekvenserne af en ambitiøs omlægning af skibsfarten i forhold til de påkrævede mængder brint og strøm samt biomasse og biogas. Omstillingen af skibsfarten kan i denne sammenhæng ikke ses isoleret, men skal ses i kontekst med den omstilling, der finder sted i de øvrige sektorer i samfundet. For alle scenarier antages det, at efterspørgslen fra øvrige sektorer flugter med de danske klimamålsætninger. Den samlede efterspørgsel sammenholdes med vedtagne planer om udbygning af grøn strøm- og brintproduktion i Danmark, samt det danske potentiale for produktion af biomasse og biogas. For strømproduktion vil der derudover blive sammenholdt med regeringens seneste udspil: *Danmark kan mere II*. Formålet med denne del af analysen er at anskueliggøre, om de nuværende politiske rammevilkår for produktion af PtX brændstoffer og adgang til de relevante vedvarende input til produktionen i tilstrækkelig grad kan rumme en ambitiøs omlægning af skibserhvervet. Ligesom for

efterspørgselsscenarierne er udgangspunktet for denne del af analysen, at der anvendes et mix af drivmidler. Som yderligere perspektivering vises, hvor relevant, konsekvenserne af en omlægning til ren e-metanol og ren e-ammoniak. Resultaterne af analysen gennemgås i kapitel 6.

Som et supplement til disse opgørelser berører analysen om der er specielle barrierer, der har betydning for værdikæden for PtX i Danmark. Værdikæden for PtX følger udviklingen fra produktion og transmission af relevante energikilder, over PtX processen, og til distribution og anvendelse hos slutbrugeren. For hvert led i værdikæden vurderes de primære barrierer, enten af regulatorisk, markeds- mæssig eller social karakter. Dette inkluderer emner som usikkerhed omkring regulatorisk definition af grønne drivmidler, behov for udbygning af el-transmissionsnettet samt uklarhed over el-tariffer, mangel på arbejdskraft samt manglende viden om sikkerhedsaspekter ved håndtering af PtX produkter. Barriererne præsenteres i kapitel 7, hvorefter kapitel 8 giver en konklusion på analysen.

3 Flådefornyelse og ny teknologi

Danske Rederier har en ambitiøs målsætning for omstilling af den dansk skibsfart, der indebærer, at skibsfarten er klimaneutral i 2050, samt et delmål om at 5 % af den dansk opererede flåde skal kunne sejle på net-zero brændstoffer i 2030. For at kvalificere den forventede indfasningskurve for bæredygtige brændstoffer i skibsfarten, har COWI interviewet nøgleaktører på området, herunder Mærsk Center for Zero Carbon Shipping og European Green Corridor Network.

Af disse interviews fremgik det blandt andet, at den danske skibsfart kan forventes omlagt i takt med, at flåden udskiftes. Skibe til international skibsfart har en levetid på ca. 25 år. En simpel beregning på baggrund af data for dansk opererede skibe giver følgende omstilling for de valgte nedslagsår. Opgørelsen viser hvor stor en andel af den dansk registrerede flåde, der i de angivne år har en alder højere end 25 år og som derfor teoretisk kan være omstillet til alternative drivmidler.

År	Antal ældre end 25 år	Andel, der er skiftet
2025	269	13 %
2030	523	26 %
2035	1175	59 %
2040	1622	81 %
2045	1932	97 %
2050	2000	100 %

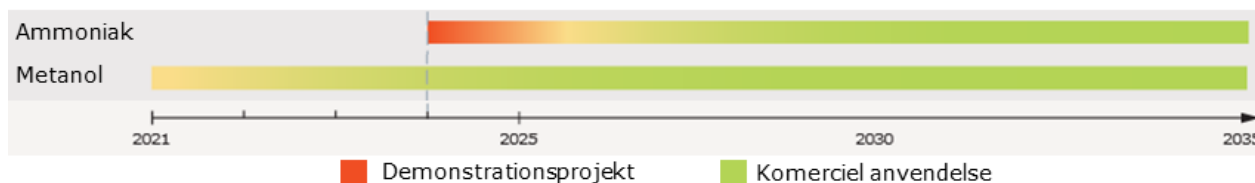
Tabel 3-1: Andel af dansk opererede skibe, der er ældre end 25 år

Kilde: Danske Rederier og COWI beregninger

Som det fremgår af tabellen, vil ingen af de skibe, der er på vandet i 2022 være der i 2050, hvis de kun holdes i drift 25 år. Hvis alle nybygninger fra 2022 var bygget til at kunne sejle på PtX-brændstoffer ville 100 % af skibene sejle på PtX brændstoffer i 2047.

For at kvalificere indfasningskurven, tages der hensyn til tilgængeligheden af motorteknologi og brændstoffer, samt de særlige forhold ved den danske skibsflåde.

Der er p.t. hverken tilgængelig motorteknologi eller brændstoffer til at sikre en omstilling på 13 % i 2025. Nedenstående figur viser den forventede teknologiske tilgængelighed af henholdsvis ammoniak, brint og metanol til skibsfarten frem mod 2035.



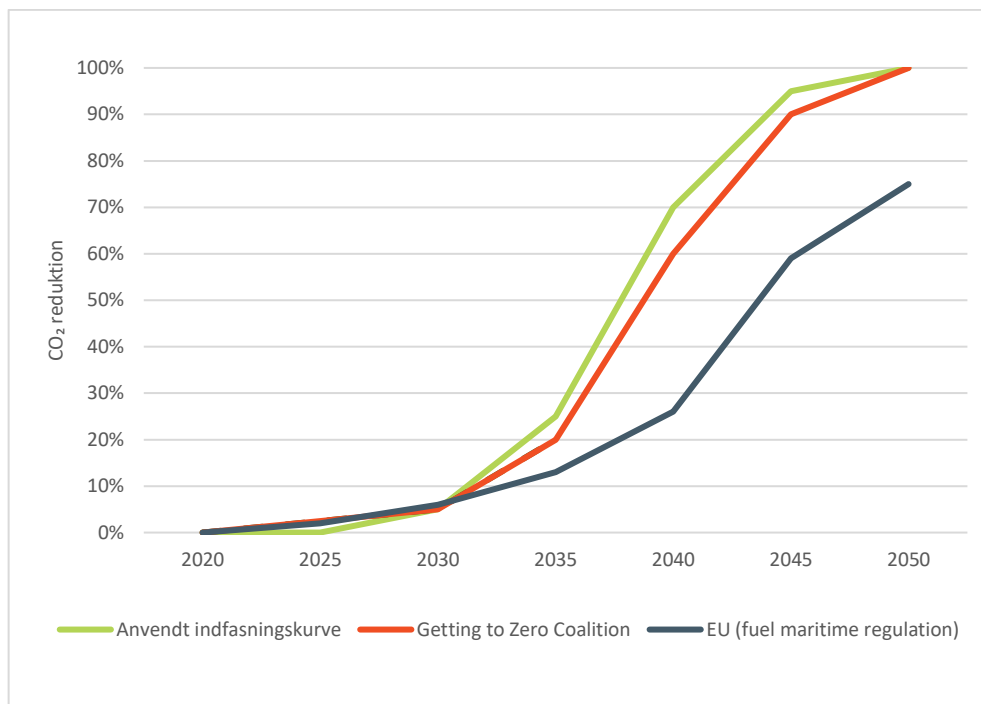
Figur 3-1: Forventet tilgængelighed af motorteknologi for ammoniak, metanol og brint

Kilde: DNV Maritime forecast to 2050 (DNV, 2022)

Som det fremgår af figuren, forventes metanol at være en kommercielt tilgængelig teknologi til skibsfarten omkring 2023-2024, hvilket også bekræftes af en række førende rederiers bestilling af metanolskibe. Derimod forventes ammoniak først at være en tilgængelig teknologi for skibsfarten omkring 2027, primært pga. en senere udvikling i motorteknologien. Usikkerheden omkring teknologiernes tilgængelighed forventes at forsinke omstillingen, hvilket understøttes af, at der er få metanol- og ammoniakskibe i ordre i dag (se Figur 4-1 i afsnit 4.3). Bortset fra en række demonstrationsprojekter, forventes den egentlige omstilling af skibsfarten derfor først at starte omkring 2030.

På den anden side er den danske skibsflåde generelt yngre end gennemsnittet på verdensplan. En oversigt viser, at der er væsentligt færre skibe over 20 år og den største gruppe af skibe er 10-15 år gamle. Selvom en del af de skibe, der udskiftes de næste 5-10 år ikke vil sejle på bæredygtige drivmidler, vil de blive skiftet endnu engang 15-20 år senere – og altså inden 2050. Det peger på en hurtigere udskiftning af den danske flåde når de alternative teknologier er udviklede for såvel motorteknologi og produktion af de bæredygtige brændstoffer.

På baggrund af den begrænsede teknologiske tilgængelighed nedjusteres forventningerne til omlægningen for de første nedslagsår, således at der kun forventes 5 % omlægning frem mod 2030. Derefter forventes omlægningen at følge en stejl kurve op til 70 % omlægning i 2040, for så at nå 100 % omkring år 2050. Det afspejler dermed, at nogle rederier formentlig afventer udskiftning af de ældste skibe i de næste 5-10 år, for derefter at kunne vælge bæredygtige alternativer. Det giver en indfasningskurve (eller CO₂-reduktionskurve, hvilke her er sammenfaldende) illustreret i Figur 3-2.



Figur 3-2: Anvendt CO₂ reduktionskurve for omstilling af skibsfarten

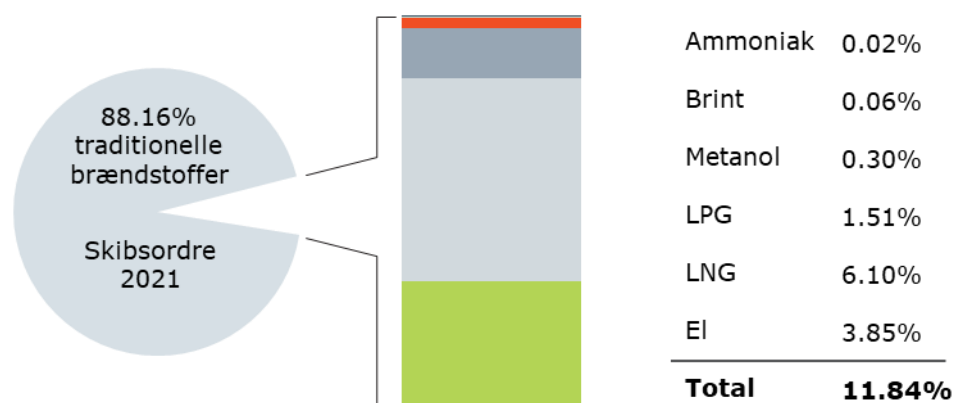
Kilde: COWI gennem interviews med danske rederier, IMO og Getting to Zero Coalition (Getting to Zero Coalition, 2021)

Som figuren viser, vil den anvendte omlægning af dansk skibsfart ligge 5-10 % over en lignende CO₂ reduktionskurve fra Getting to Zero Coalition. Sidstnævnte beregner den nødvendige omstilling af global skibsfart, for at verden kan leve op til Parisaftalens målsætning om maksimalt 1,5 grad global opvarmning. EU har i deres *Fuel maritime regulation* arbejdet med en væsentlig lavere forventning til udskiftningstakten som det også fremgår af Figur 3-2. Det understreger, at målet om en fuldstændig omlægning af flåden inden 2050 er ambitiøs.

Den ambitiøse omstillingskurve flugter med de danske ambitioner om at være en førende grøn skibsnation, samt med den senere tids ambitiøse udmeldinger fra danske rederier om tidlig grøn omstilling og ambitionerne om etablering af en såkaldt grøn korridor i Østersøen, der må forventes at skubbe omstillingen i denne region hurtigere frem end den globale omstilling ved at gøre brændstoffer tilgængelige (Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping, 2022).

4 Drivmiddelalternativer i omstillingen

Det er i analysen valgt at fokusere på en mulig omstilling af skibsfarten til e-metanol og e-ammoniak, der på lang sigt anses som sandsynlige alternativer for omlægning af langdistanceskibsfart (DNV, 2022). Grundet de nuværende teknologiske begrænsninger for disse drivmidler, er det dog ikke disse teknologier, der lige nu driver den grønne omstillingen af skibsfarten. Ifølge en opgørelse fra DNV udgør disse to teknologier sammenlagt kun 0,32 % af de i alt 11,84 % skibe, der i dag bestilles til at anvende alternative drivmidler, jf. figuren nedenfor.



Figur 4-1: Nye skibe i ordre efter drivmiddeltype

Kilde: DNV (DNV, 2022)

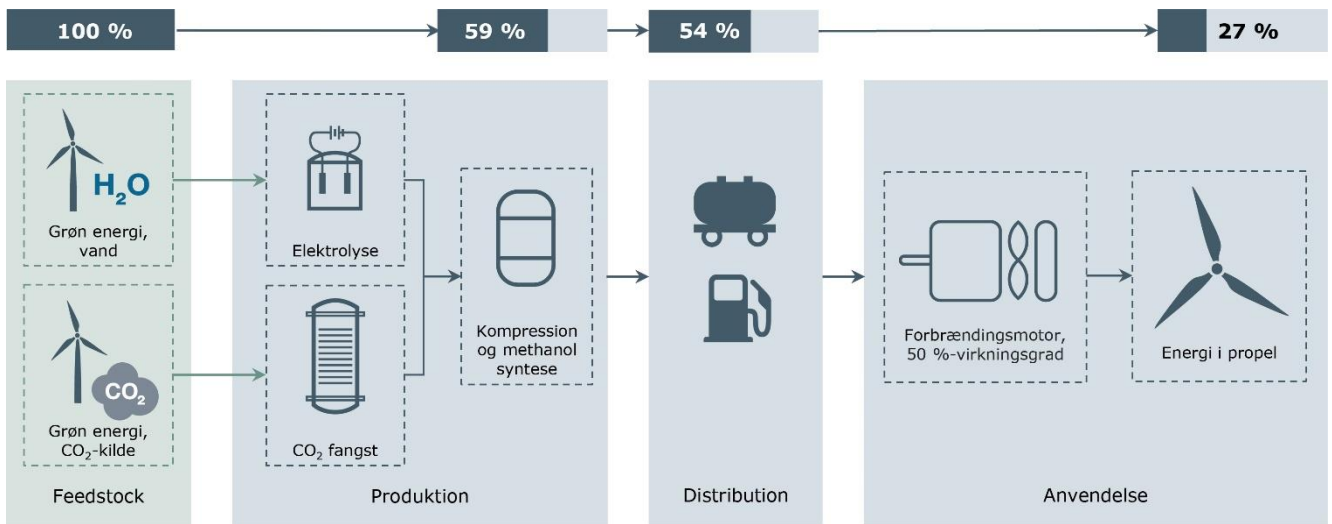
Som figuren viser, er batteridrift og LNG de mest hyppige alternative drivmidler når det kommer til nye bestillinger af skibe. Alligevel er disse ikke inkluderet i analysen, af flere årsager.

- > Hvad angår batteriteknologi forventes dette ikke at spille en stor rolle i omlægningen af oceangående skibsfart idet batterikapaciteten for de fleste ruter ikke vil være tilstrækkelig. Omstilling til eldrift er dog inkluderet i analysen som en del af omstillingen af indenrigsskibsfarten for fx. ø-færgerne.
- > På længere sigt vil der være flere udfordringer ved anvendelse af både fossilt og bio-LNG. Ved anvendelse af fossilt LNG forventes fremtidige krav til CO₂ reduktioner at overhale den mulige reduktion fra drivmidlet inden skibene har udtjent sin levetid. Dette kan imødekommes ved at anvende bio-LNG, men da der forventes stor efterspørgsel efter bio-LNG fra andre sektorer, er dette alternativ mindre attraktivt.

I næste kapitel følger en kort beskrivelse af de tekniske egenskaber ved e-metanol og e-ammoniak, der har betydning for den videre analyse. På baggrund af dette følger en vurdering af den sandsynlige fremtidige sammensætning af drivmidlerne i et mix.

4.1 E-metanol

E-metanol kan dannes i en katalytisk reaktion mellem CO₂ og grøn brint fra elektrolyse ved høj temperatur og højt tryk.³ Ved at benytte strøm fra vedvarende energikilder (fx vind eller sol) og bæredygtig CO₂ fra fangst eller bæredygtige biogene kilder er det muligt at fremstille vedvarende og fossilfri metanol. Processen illustreres i Figur 4-2 sammen med en opgørelse af energitabet undervejs i fremstillingsprocessen.



Figur 4-2: Procesdiagram for produktion og anvendelse af e-metanol

Kilde: COWI

Sammenlignet med diesel, har e-metanol en lavere energitæthed, hvorfor nuværende tankvolumen skal fordobles (eller rækkevidden mellem bunkringer halveres). For at brændstoffet skal kunne bruges af eksisterende skibe er der udgifter til modificering af brændstofs-systemer og motorene, der skal have nye indsprøjtningssystemer. Derudover vil tankkapaciteten ofte skulle øges, som oftest vil det føre til et tab i lastekapacitet. Dette gør sig derfor også gældende for nye skibe, der skal indrettes med motorer og tankkapacitet tilpasset e-metanol.

Metanol benyttes allerede i enkelte skibe med gode erfaringer, og skibskoncernen Mærsk har for nyligt bestilt 13 nye containerskibe med metanolmotorer, der skal sættes i søen fra 2023 (Mærsk, 2021). Det er muligt at få dual-fuel motorer, som sikrer at skibene også kan sejle på konventionelt brændstof, hvis der ikke er nok grønne brændstoffer.

Selvom produktionen af fossil metanol allerede er kommerciel og veludbygget, er produktionen af e-metanol fra kombinationen af vedvarende strøm og biogent karbon en nyere teknologi.

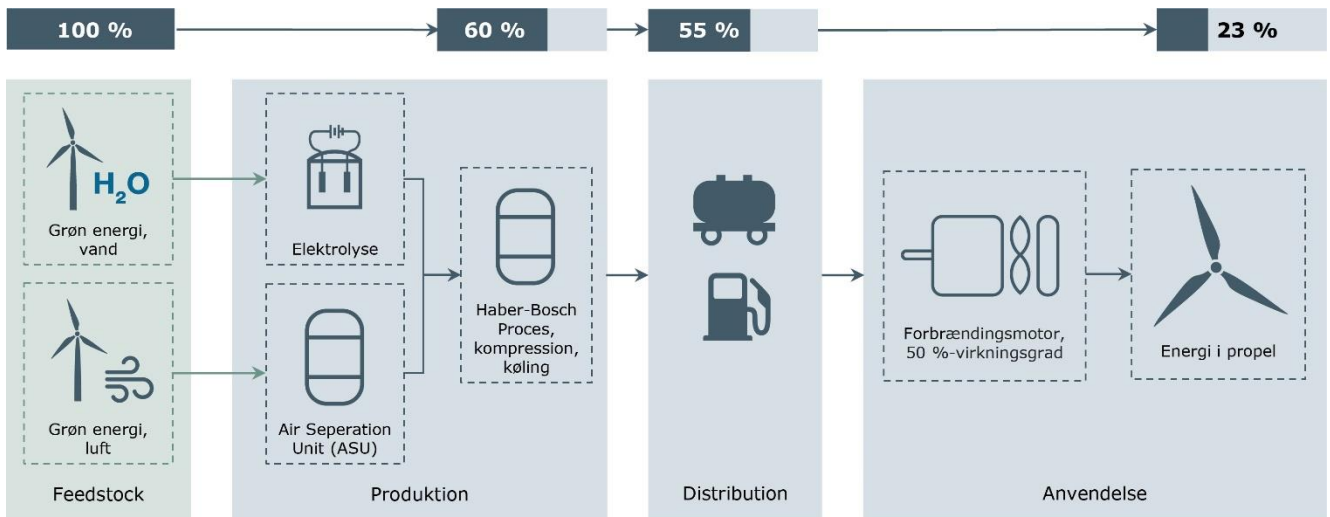
E-metanol er et karbonbaseret brændstof. Anvendelsesmulighederne for brændstoffet vil derfor afhænge af tilgængeligheden af, og den øvrige efterspørgsel

³ Ved "E-metanol" forstås i denne sammenhæng både e-metanol og e-bio-metanol jf. International Renewable Energy Agency (International Renewable Energy Agency, 2021)

efter, biogent karbon. Der forventes lav tilgængelighed af biogent karbon i fremtiden, hvorfor den biogene karbon primært forventes anvendt til områder, hvor omstilling til ikke-karbonbaserede brændsler er særligt udfordrende, fx i luftfarten, industrien og skibsfarten.

4.2 E-ammoniak

E-ammoniak kan dannes ud fra tryksat kvælstof separeret fra luft blandet med brint fra elektrolyse af vand i en samlet proces. Ammoniakreaktionen frigør en stor mængde varmeenergi, som benyttes til at generere damp. Denne damp kan bruges i en SOEC elektrolyseenhed og forbedre den totale energieffektivitet, bruges til at generere fjernvarme, eller bruges til andre forhold internt i procesanlægget. Ved at anvende strøm fra vedvarende energikilder (fx vind eller sol), er det herved muligt at producere en vedvarende e-ammoniak. En fordel ved e-ammoniak er, at den ikke indeholder karbon, dvs. den udleder ikke CO₂ under forbrænding. Procesdiagram for produktion af grøn ammoniak ses i Figur 4-3.



Figur 4-3: Procesdiagram for produktion og anvendelse af e-ammoniak

Kilde: COWI

Produktion af ammoniak fra fossile kilder foregår i industriel skala rundt om i verden og er en fuld udviklet teknologi. Produktionen af e-ammoniak er stort set den samme, dog kræver den et elektrolyseanlæg til at producere brint. Eksisterende produktionsanlæg vil kunne omlægges til grøn produktion ved at skifte brintproduktionen til et elektrolyse-anlæg.

Ligesom med e-metanol gælder det, at e-ammoniak har en lavere energitæthed sammenlignet med diesel, hvorfor nuværende tankvolumen skal fordobles (eller rækkevidden halveres).

En udfordring for omlægning til e-ammoniak for skibsfarten er motortilgængelighed. Et dansk konsortium⁴ forventes dog at levere en prototype på en ammoniak-motor i 2024, mens det finske firma Wärtsilä hævder at have motorer klar

⁴ Konsortiet består af MAN Energy Solutions, Eltronic Fueltech, DTU og DNV GL.

til kommercielt brug allerede i 2023 (Wärtsilä, 2021). Derefter vil det ifølge DFDS tage 3-4 år at indsætte motoren i skibet.

Ammoniak produceres i dag fra fossilt materiale i meget store mængder, hvorfor der er stor erfaring i at håndtere ammoniak. Der findes en veludbygget havneinfrastruktur for håndtering af ammoniak som produkt, hvilket understøtter anvendelsen af e-ammoniak i skibsfarten. E-ammoniak kan opbevares og transporteres enten ved et tryk på ca. 20 bar eller nedkølet til ca. -33°C. Dog skal man være opmærksom på at ammoniak er giftigt og derfor skal håndteres under særlige forhold, hvilket kan vanskeliggøre bunkring under laste- og losseoperationer. Ligeledes skal der findes måder at sikre de søfarenes sikkerhed, skulle der ske et læk af ammoniak mens skibet er til søs. De regulatoriske rammer omkring dette er stadig under udvikling, og usikkerheden herom har for nogle rederier betydet et fravalg af e-ammoniak som drivmiddel.

Den store fordel ved ammoniak er tilgængeligheden af råmaterialerne el, vand og nitrogen. Nitrogen kan indfanges fra luften, og der forventes ikke at være ressourceproblemer for dette. Ydermere, skal der ikke bruges en CO₂-kilde. Dette betyder, at ammoniak ikke er et begrænset drivstof, og dermed er der næsten ubegrænsede tilgængelighed indenfor skibsfarten.

4.3 Omlægning til et mix af e-metanol og e-ammoniak

Det forventes ikke, at der vil være én drivmiddelteknologi, som kan anses som "vinderteknologien" indenfor skibsfarten. I stedet forventes et mix af forskellige drivmidler, herunder især kombinationen af e-metanol og e-ammoniak. Baseret på COWIs erfaring vedrørende den teknologiske udvikling og tilgængelighed af drivmidler på kort og lang sigt, samt drøftelser med aktører i branchen, forventes følgende mix af drivmidler i henholdsvis 2030, 2040 og 2050:

- > Den umiddelbare omlægning af skibsfarten vil være e-metanolbaseret, da metanolmotoren er tilgængelig allerede i dag, og e-metanol er lettere at håndtere ved bunkring end e-ammoniak. Frem mod 2030 forventes 80 % af omstillingen således at være e-metanolbaseret, mens 20 % forventes e-ammoniakbaseret.
- > Efterhånden som ammoniakmotoren bliver tilgængelig, og de regulatoriske rammer for ammoniakhåndtering etableres, forventes anvendelsen af e-ammoniak at stige. Dette understøttes af, at tilgængeligheden af drivmidlet ikke i lige høj grad er påvirket af efterspørgslen fra andre sektorer som for e-metanol. Omkring 2040 forventes det, at der anvendes lige dele e-metanol og e-ammoniak i skibsfarten.
- > På lang sigt, i takt med at andre sektorer, herunder især flytransporten, omlægges, forventes der stor efterspørgsel efter karbonbaserede brændsler. Den lave tilgængelighed af biogent karbon forventes at presse prisen på e-metanol op, og dermed vil e-ammoniak fremstå som et mere attraktivt

alternativ. I 2050 forventes det derfor, at 80 % af omstillingen er e-ammoniak baseret mens 20 % er baseret på e-metanol.

Medmindre andet angives, vil resultaterne af analysen basere sig på ovenstående mix af drivmidler. Derudover vil det, hvor relevant, blive vist hvilke konsekvenser en omlægning til ren metanol eller ren ammoniak vil have, fx. for det nationale biomasse- og biogasforbrug.

5 Tre scenarier for efterspørgsel efter danske brændstoffer til skibsfarten

I analysen sammenlignes tre efterspørgselsscenerier, der varierer med hensyn til de energimængder der efterspørges fra skibsfarten.⁵ I dette kapitel gennemgås de relevante antagelser og datainput der ligger til grund for efterspørgslen fra skibsfarten i hver af de tre efterspørgselsscenerier. Desuden præsenteres resultaterne af en omlægning til et mix af drivmidler, der følger indfasningskurven præsenteret i kapitel 3.

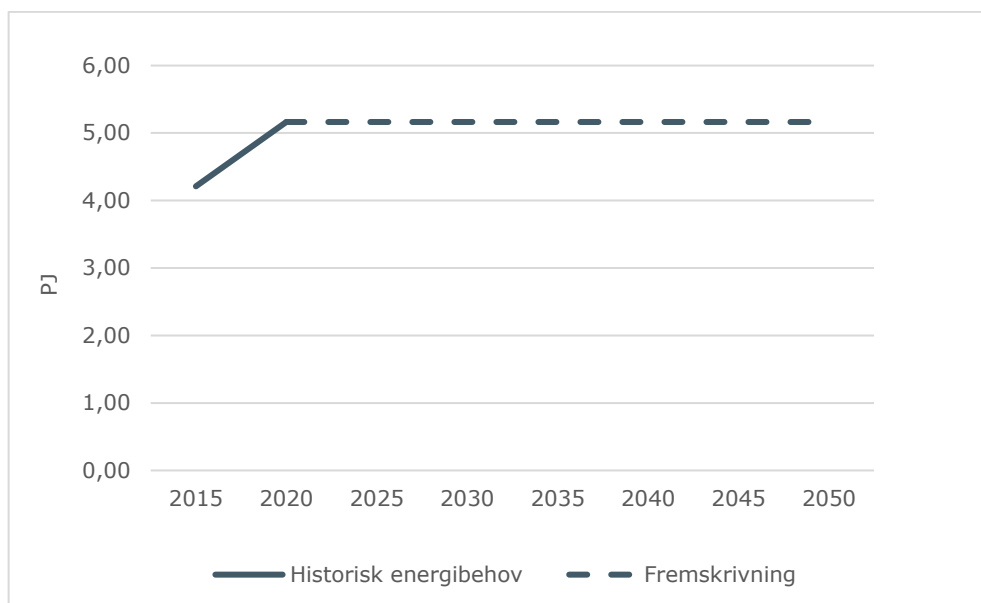
For alle data gælder det, at datapunkter for 2020 og 2021 analyseres med stor forsigtighed pga. konsekvenserne fra COVID19. I flere tilfælde er det derfor valgt at anvende og fremskrive data for 2019.

5.1 Scenarie 1: Opfyldelse af den danske klimalov

I scenarie 1 inddrages den danske indenrigsskibsfart, idet det antages at Danmark lever op til klimalovens målsætninger om 70 % reduktion i CO₂ udledninger i 2030 og klimaneutralitet i 2050. Disse målsætninger inkluderer den danske indenrigs skibsfart, men ikke international skibsfart. Det vil sige, at scenariet fx. inkluderer ø-færgerne, Molslinjen og forbindelsen fra Køge til Bornholm, men ikke færge- eller fragttrafik fra og til Sverige eller Tyskland. Samme sondring gør sig i øvrigt gældende for luftfart.

For at etablere de energimængder, der anvendes til dansk indenrigs søtransport, er der anvendt data for energimængder fra 2019 fra Energistyrelsens Energistatistik (Energistyrelsen, 2020). Der er med andre ord en forventning om, at niveauet for indenrigsskibsfart vil ligge stabilt omkring 2019 niveauet frem mod 2050. Nedenstående figur viser de energimængder der anvendes i beregningerne for dansk indenrigs søtransport. Bemærk, at energimængderne tager udgangspunkt i anvendelsen af fossile brændsler, nærmere bestemt brændselsolie med meget lavt svovlindhold (VLSFO). Ved overgangen til alternative drivmidler, med en anden energieffektivitet, ændres energibehovet.

⁵ Bemærk at Scenarie 2 også inkluderer international luftfart.

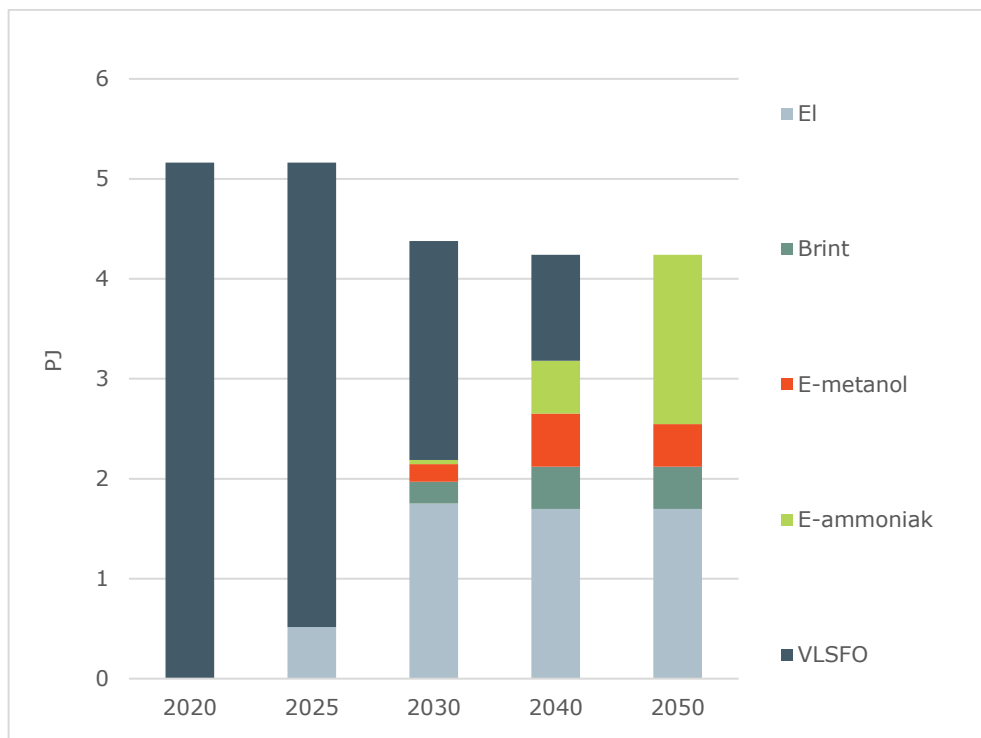


Figur 5-1: Forventet energimængder fra indenrigsskibsfart ved fortsat anvendelse af fossile brændsler

Kilde: Energistyrelsen (Energistyrelsen, 2020) og COWI

Vurderingen af, hvordan den danske indenrigs skibstransport kan omstilles for at imødekomme klimaloven, er baseret på COWIs erfaringer, der blandt andet bygger på administration af Transportministeriets støtteordning til omstilling af skibsfarten. Det forventes muligt at elektrificere (ved anvendelse af el eller brint) ca. 50 % af det fossile forbrug. De resterende 50 %, der inkluderer længere færgesfart og andre fartøjer, forventes at anvende e-metanol eller e-ammoniak, jf. drivmiddelmixet præsenteret i afsnit 4.3.

Resultaterne for de efterspurgte energimængder ved en omstilling af den danske indenrigs skibstrafik ses i figuren nedenfor.



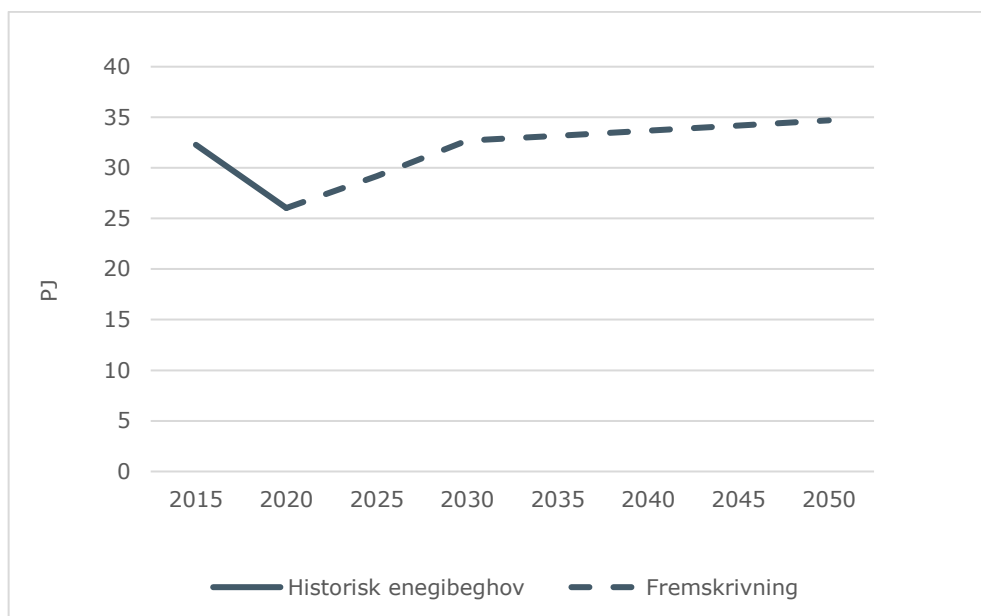
Figur 5-2: Forventet efterspørgsel efter grønne brændstoffer ved omlægning af den danske indenrigsskibsfart (scenarie 1)

Kilde: COWI på baggrund af egne analyser

Som det fremgår af figuren, forventes en stor andel af det fossile energibehov at kunne omlægges til el. Dette vil påvirke de efterspurgte energimængder, da el er et mere energieffektivt drivmiddel end VLSFO.

5.2 Scenarie 2: Brændstof til international skibs- og luftfart bunkret i danske (luft)havne

Scenarie 2 bygger på Scenarie 1, med den markante forskel, at efterspørgslen fra en del af den internationale skibs- og luftfart inkluderes i beregningerne. For at etablere den danske andel af energimængder der anvendes til international fly- og skibstransport, anvendes data for bunkring i Danmark, der opgives i Energistyrelsens Energistatistik (Energistyrelsen, 2020). Dernæst er der behov for at etablere en fremskrivningsfaktor for skibsfarten frem mod 2050. Energi-mængderne er fremskrevet frem mod 2050 på baggrund af forventninger fra DNV til stigning i skibsfarten (DNV, 2019). Ifølge disse forventninger stiger skibsfartens transportbehov således at der medføres en stigning i energibehov på 2,3 % årligt i perioden 2018 til 2030, og derefter med 0,3 % årligt fra 2030 frem mod 2050. Resultatet af disse fremskrivninger ses i figuren nedenfor.

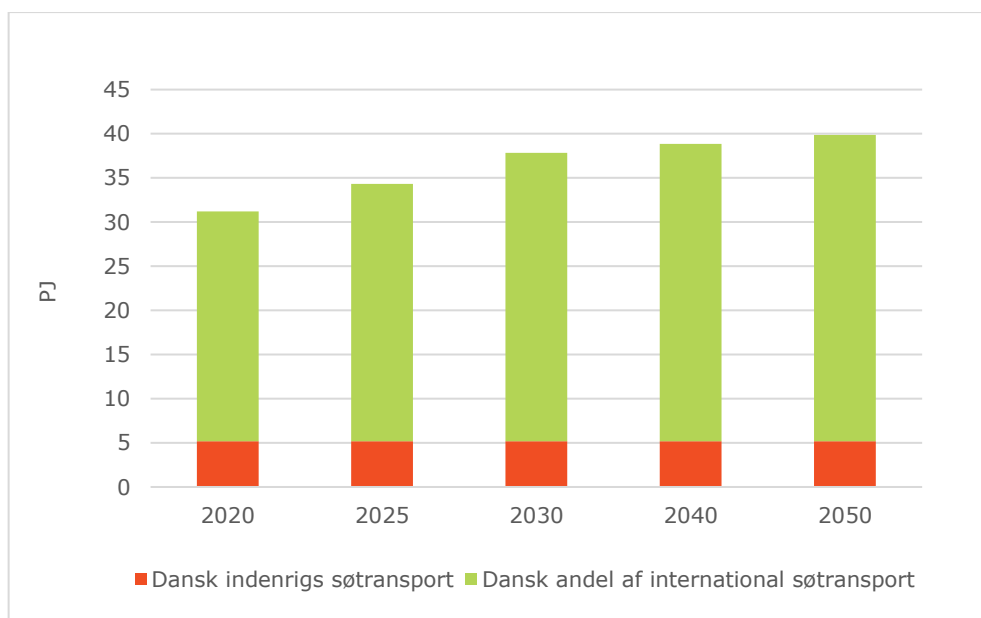


Figur 5-3: Forventet energimængder fra Danmarks andel af international skibsfart ved fortsat anvendelse af fossile brændsler

Note: Danmarks andel af international skibsfart er defineret som det der bunkres i Danmark.

Kilde: Energimængder hentet fra Energistyrelsen (Energistyrelsen, 2020), fremskrivninger hentet fra DNV (DNV, 2019) og COWI beregninger

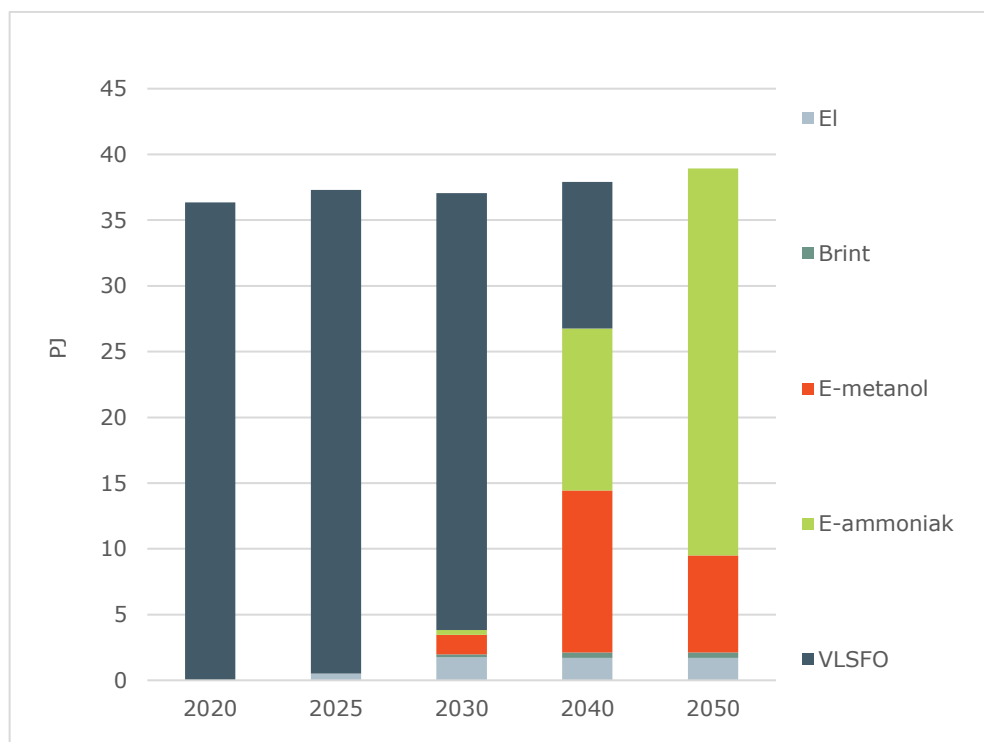
Det totale energibehov fra skibsfarten i Scenarie 2 fremgår af figuren nedenfor.



Figur 5-4: Forventede energimængder fra skibsfarten i scenarie 2 ved fortsat anvendelse af fossile brændsler

Endelig er der behov for at indregne efterspørgslen efter grønne drivmidler for alle nedslagsår. For den danske indenrigs skibstrafik anvendes samme metode som i scenarie 1. For den danske andel af den internationale skibstrafik beregnes andelen på baggrund af indfasningskurven angivet i kapitel 3. Resultaterne

for de efterspurgte energimængder af alternative brændstoffer ved en omstilling af skibstrafikken i scenarie 2 ses i figuren nedenfor.



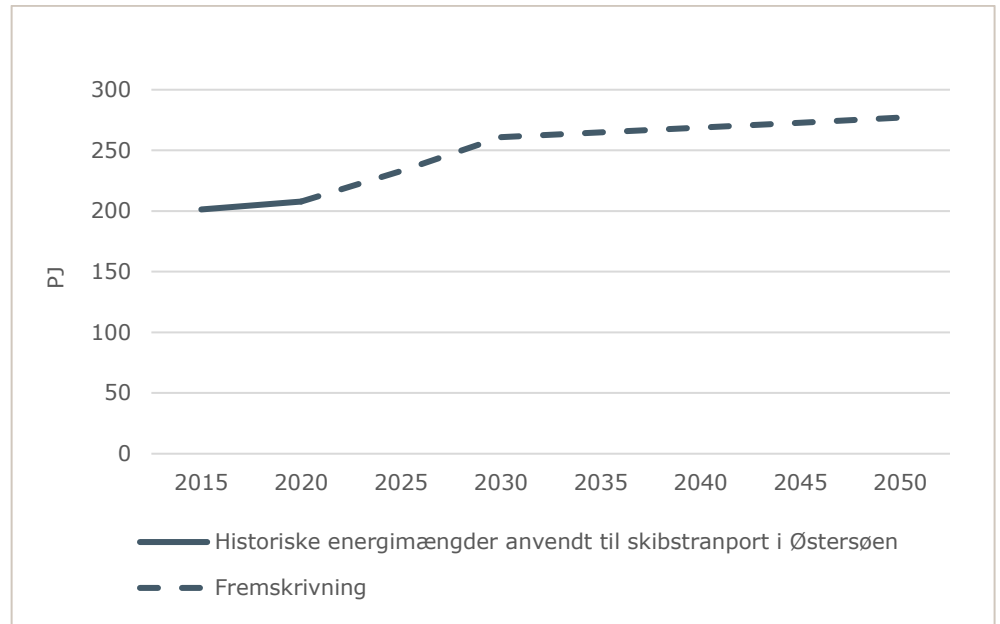
Figur 5-5: Forventet efterspørgsel efter grønne brændstoffer ved omlægning af den danske indenrigs skibsfart og den danske andel af international skibsfart (scenarie 2)

Note: For den danske andel af international skibsfart vises et mix af brændstoffer som beskrevet i afsnit 4.3

5.3 Scenarie 3: Danmark eksporterer drivmidler til den internationale skibsfart.

Scenarie 3 bygger videre på Scenarie 2, men inkluderer potentialet for at Danmark producerer og eksporterer brændstoffer til international skibsfart. Vurderingen af eksportpotentialet er lavet på baggrund af data fra IMO over energimængder til international skibsfart i Østersøen (Baltic Marine Environment Protection Commission, 2019). Der vurderes at være et meget stort internationalt potentiale for eksport af brændstoffer til skibsfarten, med store nærliggende bunkerhavne i fx. Rotterdam. De anvendte data fra Østersøområdet skal derfor ses som et konservativt bud på hvor meget Danmark kan eksportere fremadrettet.

Ifølge opgørelsen blev der i 2020 anvendt omkring 203 PJ til skibstransport i Østersø-området. Baseret på IMO data og fremskrivningen fra DNV er der beregnet et fremtidigt potentiale for energimængder til Østersø-området, ved fortsat anvendelse af fossile brændsler. Historiske data samt fremskrivningen fremgår af nedenstående figur.

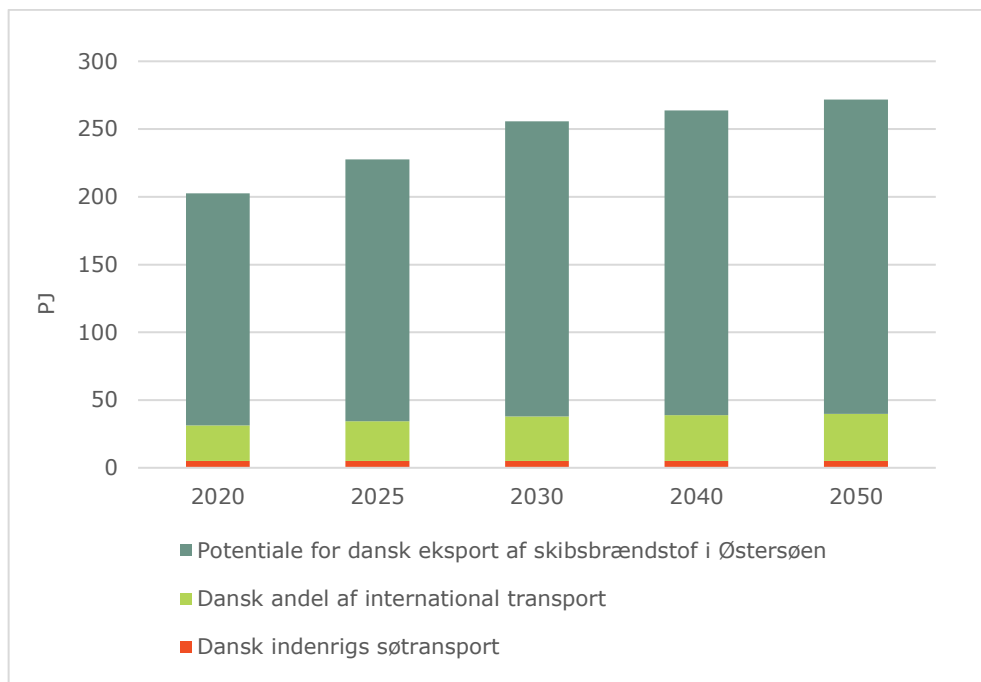


Figur 5-6: Dansk eksportpotentiale ved fortsat anvendelse af fossile brændsler

Note: Dansk eksportpotentiale er eksemplificeret ved anvendte energimængder i Østersøen.

Kilde: Energimængder hentet fra IMO (Baltic Marine Environment Protection Commission, 2019), fremskrivninger hentet fra DNV (DNV, 2019) og COWI beregninger

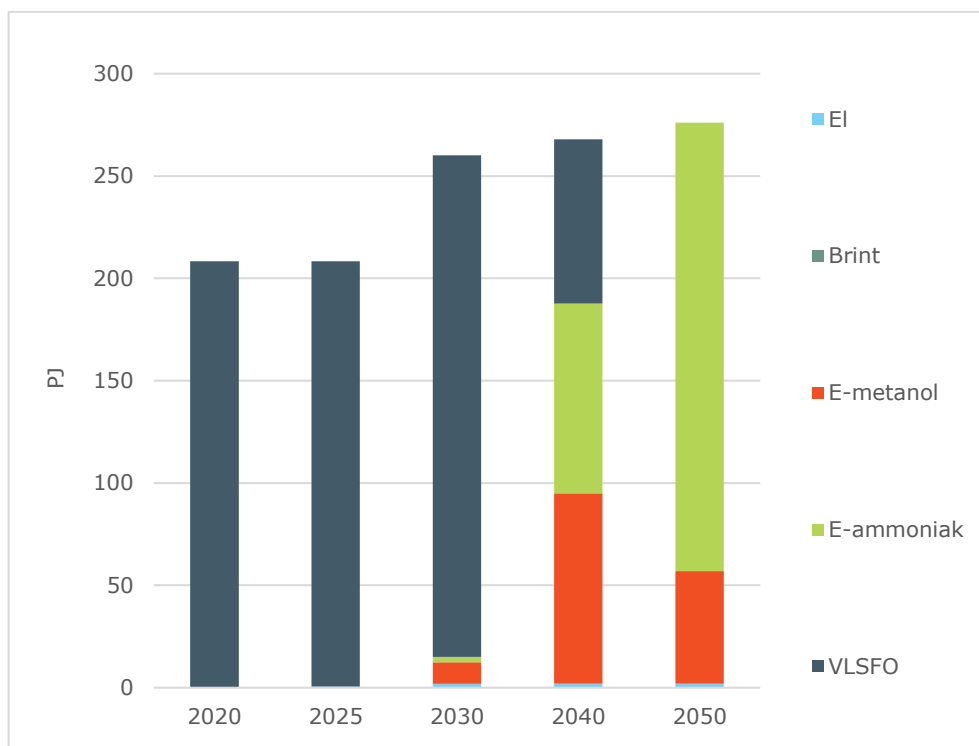
En andel af de skibe der sejler i Østersøen, bunkrer allerede i Danmark, og nogle af skibene er en del af den danske indenrigs skibstransport. For at finde netto-potentialet for eksport i Østersøen i Scenarie 3 fratrækkes derfor energimængder for skibe der bunkres i Danmark eller er en del af indenrigsskibstransporten, således at dette potentiale ikke tælles dobbelt. Udviklingen for de samlede energimængder i scenarie 3 ved fortsat anvendelse af fossile brændsler fremgår af nedenstående figur.



Figur 5-7: Forventede energimængder fra skibsfarten i scenarie 3 ved fortsat anvendelse af fossile brændsler

Kilde: Energimængder hentet fra IMO (Baltic Marine Environment Protection Commission, 2019), fremskrivninger hentet fra DNV (DNV, 2019) og COWI beregninger

Endelig beregnes efterspørgselsandelen for grønne brændstoffer for alle nedslagsår for scenarie 3. Igen bliver der anvendt samme metode for omstilling af danske indenrigs skibstrafik som i scenarie 1. For den danske andel af international skibstrafik, og for det danske eksportpotentiale, beregnes andelen på baggrund af indfasningskurven angivet i kapitel 3. Resultaterne for de efterspurgte energimængder af alternative brændstoffer ved en omstilling af skibstrafikken i scenarie 3 ses i figuren nedenfor.



Figur 5-8: Forventet efterspørgsel efter grønne brændstoffer ved omlægning af den danske indenrigs skibsfart og den danske andel af international skibsfart, samt en øget efterspørgsel i Østersøen (scenarie 3)

Note: For den danske andel af international skibsfart samt efterspørgselen i Østersøen vises et mix af brændstoffer som beskrevet i afsnit 4.3

5.4 Opsummering

De tre efterspørgselsscenarier sætter forskellige krav til behovet for energi og brændstofmængder for skibsfarten, som er opsummeret i tabellen herunder for hhv. 2030 og 2050.

Efterspørgsel fra skibsfarten	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
2030			
Samlet energibehov i brændstof [PJ/y]	4,4	37,1	227,4
EI og brint til direkte elektrificering [PJ/y]	2,0	2,0	2,0
E-metanol (80% af brændstofmixet) [1000 t/y]	8,9	75,3	461,8
E-ammoniak (20% af brændstofmixet) [1000 t/y]	2,4	19,9	122,3
VLSFO [1000 t/y]	54,7	830,9	5.351,9
2050			
Samlet energibehov i brændstof [PJ/y]	4,2	39	241
EI til direkte elektrificering [PJ/y]	2,1	2,1	2,1

E-metanol (20% af brændstofmixet) [1000 t/y]	21,5	87,9	2.428,9
E-ammoniak (80% af brændstofmixet) [1000 t/y]	91,2	1.583,7	10.290,4
VLSFO [1000 t/y]	0	0	0

Tabel 5-1: Opsummering af efterspørgselsscenerier 1, 2 og 3 for skibsfarten

Note: Scenarie 1 inkluderer dansk indenrigsskibsfart, Scenarie 2 inkluderer dansk indenrigsskibsfart og brændstof der bunkres i Danmark til international skibsfart og Scenarie 3 inkluderer dansk indenrigsskibsfart, brændstof der bunkres i Danmark samt potentialet i Østersøen.

Mellem 2030 og 2050 er det samlede energibehov for skibsfarten nogenlunde stabilt for scenarie 1 og scenarie 2, mens det for scenarie 3 stiger med ca. 14 PJ/y i perioden, som følge af fremskrivningen af energibehovet til skibsfarten.

I 2030 er der tale om relativt begrænsede mængder grønne drivmidler, fordi det kun er 5% af den internationale skibsfart i scenarie 2 og 3 der lægges om. I 2050 vil den forventede efterspørgsel på e-metanol og e-ammoniak derimod være hhv. 2,4 mio. ton om året og 10,3 mio. ton om året. Dette udgør en betydelig stigning i mængderne af brændstoffer, som resultat af den lave energitæthed for metanol og ammoniak, hvilket stiller store krav til lagringskapacitet for brændstoffer i havnene samt transport af brændstof til og fra havnene.

6 Danmark i front

Den øgede efterspørgsel efter grønne drivmidler, som resultat af de tre efterspørgselsscenerier, skaber et øget behov for grøn strøm, brint og biogas samt biomasse som råvareinput i produktionen. For at vurdere de samlede konsekvenser af den grønne omstilling kan den øgede efterspørgslen fra skibsfarten dog ikke vurderes isoleret, men skal ses i sammenhæng med efterspørgslen fra de øvrige sektorer i samfundet.

Efterspørgslen efter energi fra andre sektorer baseres på data for forbrug af energimængder fra Energistyrelsens Klimastatus og -fremskrivning 2021, med dertilhørende udledning af klimagasser (Energistyrelsen, 2021). Det bemærkes, at Danmark jævnfør disse fremskrivninger ikke lever op til 70 % målsætningen i 2030 eller målsætningen om klimaneutralitet i 2050. For 2030 betyder det for eksempel, at Danmark mangler at reducere udledningen af CO₂ med 11,4 mio. ton om året for at målsætningen efterleveres.

For at få et billede af den samlede efterspørgsel efter energi som følge af Klima-loven, inkluderer analysen en række ændringer i andre sektorer, herunder øvrig transport, husholdninger, landbrug, skovbrug og fiskeri og energiproduktion. Som et led i analysen er hver sektor blevet gennemgået med henblik på at erstatte fossile produkter med grønne alternativer, således at Danmark samlet set kan leve op til klimamålsætningerne i 2030 og 2050. Udgangspunktet for denne omstilling er, at der anvendes den mest energieffektive løsning, der hvor det er teknisk muligt. Hvilken type grøn energi, der er mest anvendelig, og i hvor høj grad denne kan erstatte fossile brændsler, kommer an på sektorens tekniske egenskaber. I den vejgående transportsektor forventes der fx i 2030 stadig at være en række køretøjer med en almindelig forbrændingsmotor, hvilket stiller særlige krav til typen af alternative drivmidler. Ligeledes er der for industrien nogle processer, især højtemperatursprocesser, der kræver særlige brændsler. Desuden antages det, at dansk landbrug anvender e-ammoniak til gødning som erstatning for fossilt baseret ammoniak. Under disse forudsætninger vil Danmark leve op til de fastsatte klimamålsætninger.

Det er en forudsætning for beregningerne, at sektorernes produktion forbliver den samme for alle tidsnedslag frem mod 2050, med udgangspunkt i 2030-værdien opgivet i Energistyrelsens fremskrivninger. For transportsektoren betyder det for eksempel, at det samlede transportarbejde forbliver det samme i perioden 2030-2050. Der findes argumenter for og imod denne antagelse. På den ene side har vi historisk set en stigning i næsten samtlige sektorers produktion inden for de seneste 20 år, hvilket taler for at hæve sektorernes produktion og dermed den anvendte energimængde. På den anden side forventes de fleste produktionsapparater at blive mere energieffektive over tid, hvilket vil reducere energibehovet. Da det er vanskeligt at vurdere om den ene eller anden tendens vil have størst effekt for perioden 2030-2050 er det valgt at beholde de energimængder der passer til produktionen i 2030.

I de nedenstående afsnit vises, hvordan de tre efterspørgselsscenerier for skibsfarten hver især påvirker den samlede efterspørgsel efter strøm, brint og biomasse og biogas. De tre scenarier tager udgangspunkt i omlægning af

skibsfarten til et mix af e-metanol og e-ammoniak. Der hvor det er relevant vil der blive inddraget resultater af en omlægning af skibsfarten til ren e-metanol eller ren e-ammoniak.

De tre efterspørgselsscenerier bliver sammenlignet med den danske udbud af vedvarende energi herunder elektricitet, brint samt biomasse og biogas. Dette er blandt andet for at eksemplificere, at visse råstoffer har begrænset tilgængelighed. For eksempel vil den fremtidige begrænsning i adgangen til biomasse, herunder biogent karbon, betyde at der er en begrænset mængde karbonbase-rede brændstoffer tilgængelig. Det samme kan siges om den danske kapacitet til produktion af vedvarende strøm.

De nationalt tilgængelige energikilder i form af strømkapacitet og biomasse anvendes som udgangspunkt for beregningerne. Såfremt efterspørgslen overstiger de nationalt tilgængelige energikilder, vil det kræve import af strøm eller biomasse fra udlandet, eller udvidet kapacitet. Analysen anskueliggør størrelsen af dette behov.

6.1 Vedvarende elektricitet

6.1.1 Tilgængelighed af vedvarende elektricitet

Der inddrages tre forskellige estimater for den tilgængelige kapacitet for vedvarende elektricitet i analysen. For alle tre estimater antages det, at anvendelsen af biogas, bionedbrydeligt affald og biomasse i elproduktionen udfases frem mod 2050, da disse energikilder vil finde bedre anvendelse i øvrige sektorer.⁶

Den første af de tre estimater tager udgangspunkt i fremskrivninger fra Energistyrelsen Klimastatus og -fremskrivning 2021, der rækker frem til 2030. For perioden 2030-2050 antages det, at niveauet for 2030 vedholdes, med undtagelse af:

- > Udvidelserne omkring energiøer (12 GW samlet kapacitet) (Energistyrelsen, 2021). Kapaciteten fra energiøerne forventes indfaset i 2029 på Bornholm (2 GW), 2031 for første fase i Nordsøen (3 GW) og 2042 for anden fase i Nordsøen (7 GW).
- > Vedtagelse om udvidelse af kapacitet for havvind (2 GW) i 2030, der blev besluttet efter publikationen af den seneste Klimastatus og -fremskrivning (Regeringen m.fl., 2021).

Sammenlagt beskrives dette som minimumsestimatet for tilgængelighed af vedvarende elektricitet.

Det næste estimat bygger videre på det første, men inkluderer en fremskrivning i af strømproduktionen fra sol og land- og havvind (eksklusive energiøer) med

⁶ Jf. en udmelding fra Klimaminister Dan Jørgensen om at biomasse kun må anvendes i kraftvarmeproduktionen i en overgang (Energy Supply, 2021).

samme faktor som for perioden 2010-2030. Udbygning af strømproduktion fra sol, og land og til dels havvind, kræver ikke politiske aftaler, hvorfor det anses som realistisk at der vil ske en naturlig udbygning for at møde den øgede efterspørgsel i markedet.⁷ Dette beskrives som middelestimatet for tilgængelig vedvarende elektricitet.

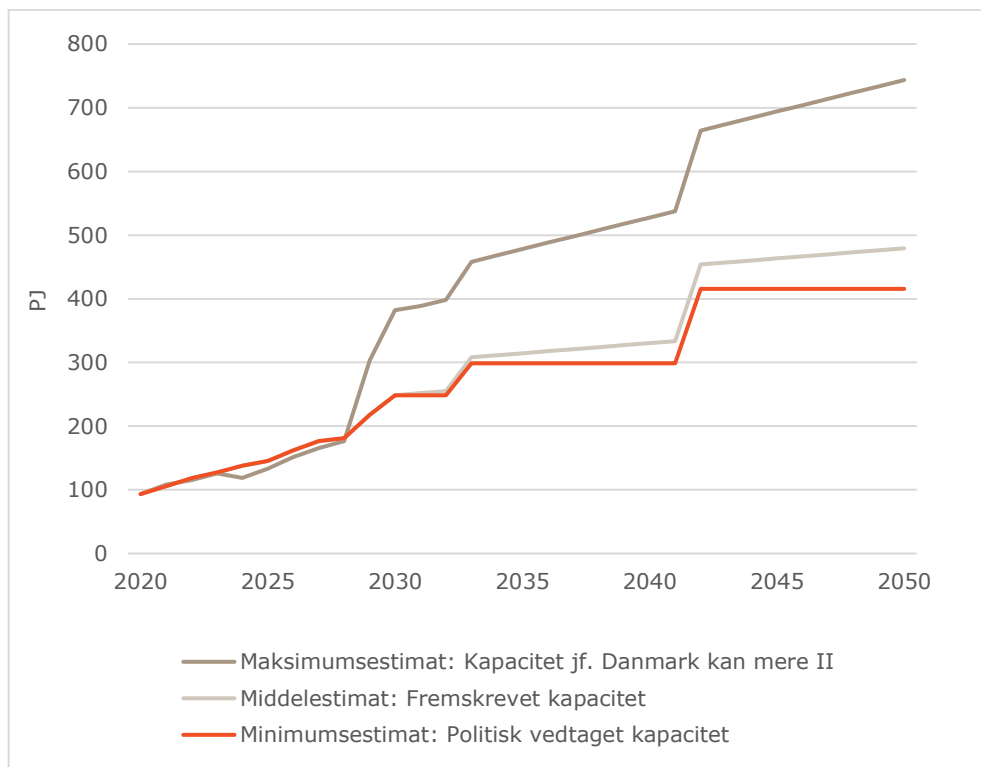
Det sidste estimat bygger på en forventet strømproduktion, såfremt regeringens forslag om øget kapacitet for vedvarende strøm jf. "Danmark kan mere II" vedtages (Regeringen, 2022). Konkret foreslår regeringen, at:

- > Udbygge til minimum 35 GW havvind i 2050
- > Etablere op til 4 GW ekstra havvind inden udgangen af 2030
- > Firedoble den samlede produktion fra solenergi og landvind frem mod 2030

Dette beskrives som maksimumsestimatet i analysen.

Figur 6-1 viser de tre estimater for produktion af vedvarende strøm i Danmark frem mod 2050, baseret på ovenstående antagelser. Det vurderes at det politiske forhandlingsrum for vedvarende elektricitet ligger mellem middel- og maksimumsestimatet.

⁷ Jf. den aftalte "åben dør-procedure" er det muligt at ansøge om opstilling af havvindmøller på en selvvalgt placering, hvilket kun kræver myndighedstilladelse. Det vurderes at ca. 30% af udbygningen af havvind (eksklusive energigøer) fremadrettet vil komme fra åben dør-proceduren.

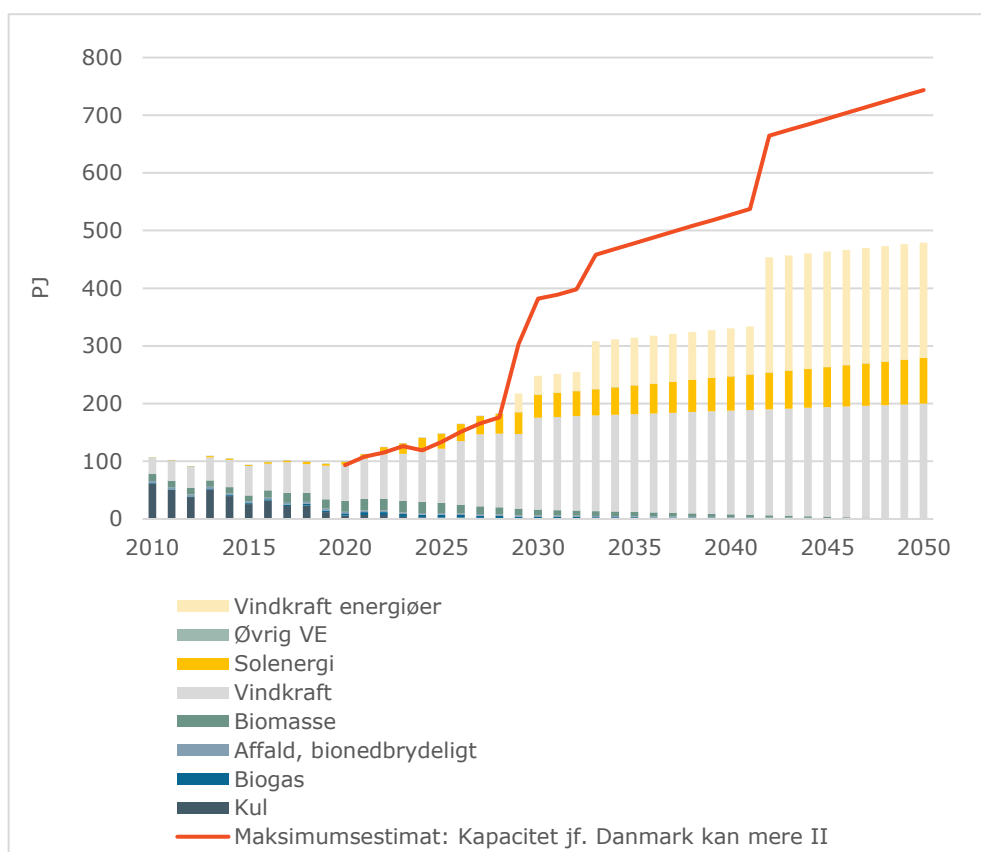


Figur 6-1: Tre estimater for tilgængelighed af vedvarende strøm frem mod 2050

Kilde: Energistyrelsens (Energistyrelsen, 2021), Regeringen (Regeringen, 2022) samt COWI beregninger.

Note: For omregning fra GW til PJ havvind for energioerne anvendes Energistyrelsens antagelser på 4620 fuldlasttimer. For omregning fra GW til PJ for øvrig udbygning af havvind anvendes Energistyrelsens antagelse på 4000 fuldlasttimer.

Figur 6-2 viser hvordan den årlige strømproduktion for middelestimatet vist i Figur 6-1 er fordelt på energikilder.



Figur 6-2: Fordeling af strømkilder for middelestimatet for tilgængelighed af vedvarende strøm frem mod 2050

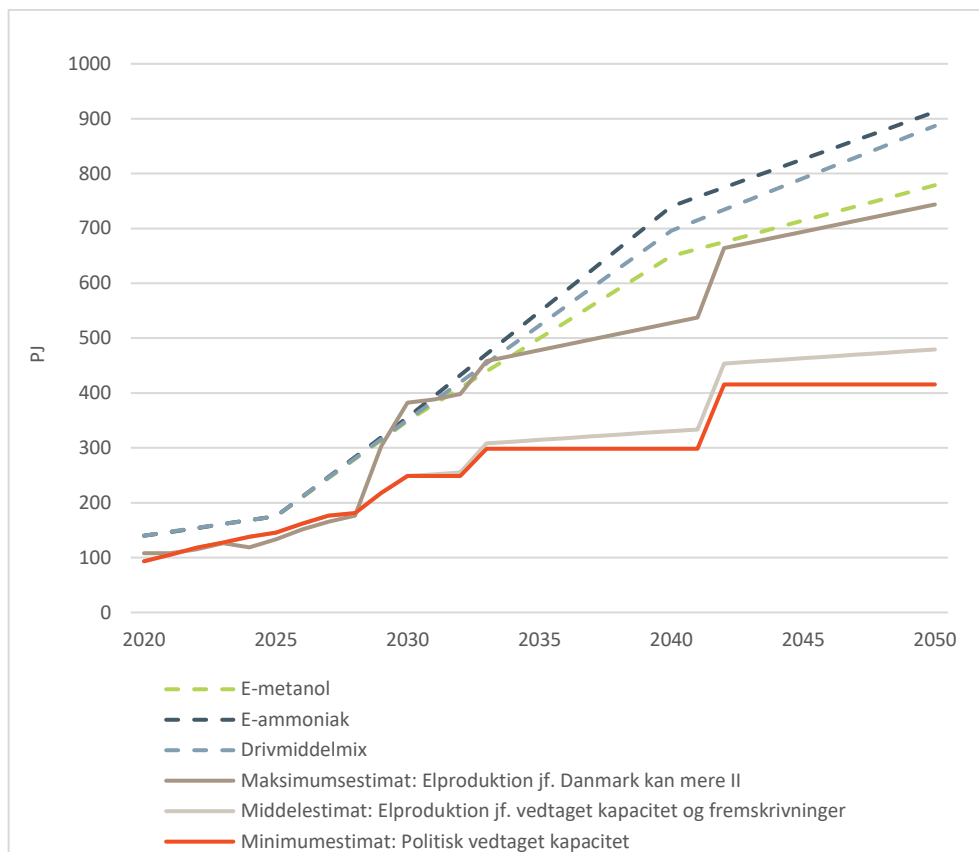
Kilde: Energistyrelsens (Energistyrelsen, 2021), Regeringen (Regeringen, 2022) samt COWI beregninger.

Note: For omregning fra GW til PJ havvind for energiøerne anvendes Energistyrelsens antagelser på 4620 fuldlasttimer. For omregning fra GW til PJ for øvrig udbygning af havvind anvendes Energistyrelsens antagelse på 4000 fuldlasttimer.

Såfremt storskala produktion af PtX før 2030 øger behovet for import af elektricitet, vil brændstoffernes samlede karbonaftryk afhænge af karbonaftrykket for den importerede elektricitet.

6.1.2 Efterspørgsel efter vedvarende elektricitet

Nedenstående figur viser den nationale efterspørgsel efter vedvarende strøm der skal bruges til produktion af PtX brændstoffer og direkte elektrificering for at tilfredsstille efterspørgslen på drivmidler i hvert af de tre scenarier, sammenlignet med den planlagte produktionskapacitet samt regeringens seneste udspil.



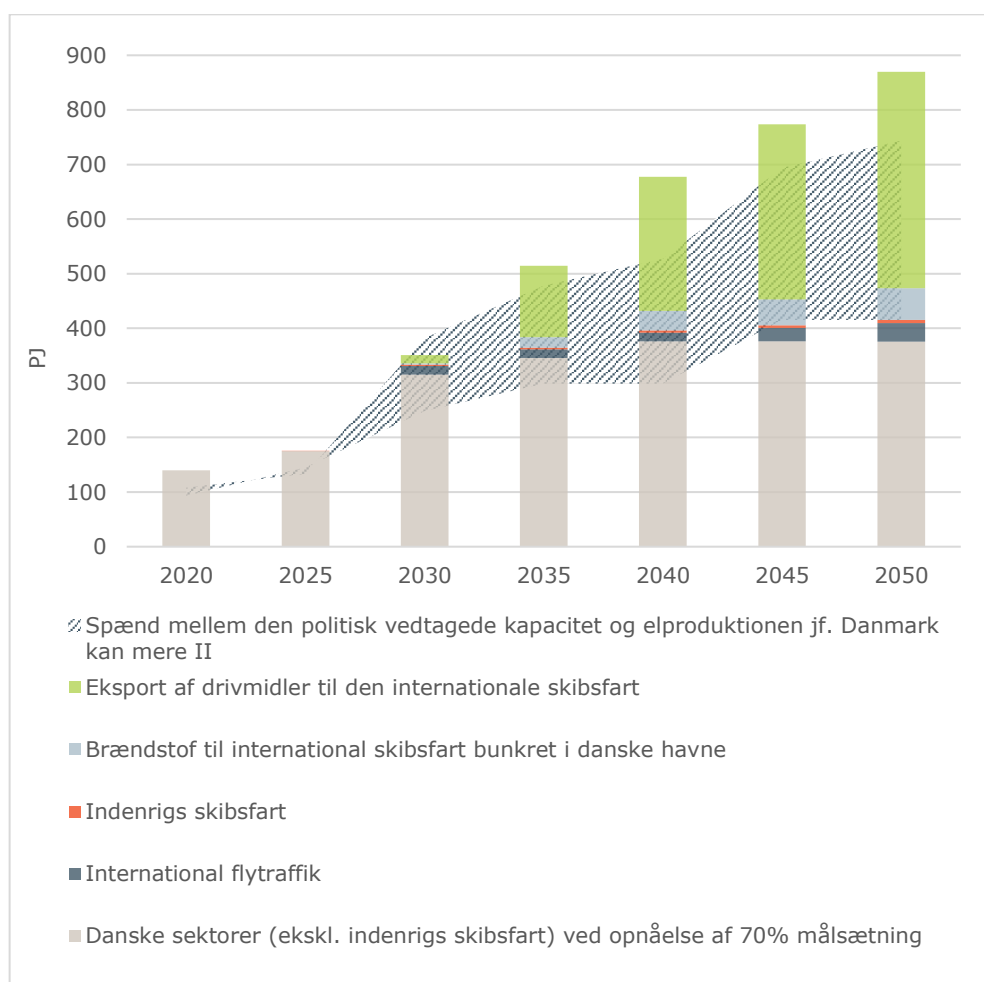
Figur 6-3: Forventet national efterspørgsel efter vedvarende strøm (PJ) i scenarie 1, 2 og 3 samt planlagt kapacitet

I alle tre scenarier stiger efterspørgslen efter vedvarende strøm markant, især frem mod 2030. Dette skyldes især behovet for at leve op til klimalovens 70 % målsætning. For alle tre scenarier flader væksten i efterspørgslen ud fra 2040, til trods for den fortsatte grønne omstilling. Det skyldes for det første, at den påkrævede omstillingshastighed mellem 2030 og 2050 ikke er lige høj, for at nå klimamålsætningen i 2050. For det andet skyldes det, at en række mindre energieffektive produktionsapparater løbende vil blive udskiftet med nyere alternativer, der kan anvende mere energieffektive drivmidler (fx. som resultat af direkte elektrificering). Omstillingen i den internationale skibsfart tager fart efter 2030, hvilket er grunden til, at de tre scenarier først herfra for alvor viser forskellige udvikling.

Figur 6-3 viser, at der på kort sigt ikke er tilstrækkelige mængder vedvarende strøm i de allerede aftalte udbygninger til at nå klimalovens målsætningen som er beskrevet ved scenarie 1 for 2030. Faktisk er det først omkring 2042, idet energigøen i Nordsøen udbygges til 10 GW, at den nuværende aftalte produktion af el overstiger behovet i scenarie 1. Dermed er det også først efter 2042 at strømproduktionen kan imødekomme de energimængder, det vil kræve at omstille den danske andel af international skibsfart, som angivet i scenarie 2. Endelig fremgår det, at det med den planlagte elproduktion ikke vil være muligt at eksportere strøm eller PtX produkter i nogen nævneværdig grad hverken på kort eller lang sigt.

Regeringens nye udmelding i *Danmark kan mere II* giver en markant større vækst i vedvarende strøm, så der i en periode mellem ca. 2030 til 2035 vil være tilstrækkelige mængder til at dække efterspørgslen i alle tre scenarier. Men frem mod 2030 vil det selv med denne øgede produktion ikke være nok vedvarende strøm til at imødekomme den samlede efterspørgsel, uanset hvilket scenarie der ses på. Efter 2035 vil der igen være et større potentiale for at eksportere PtX produkter til skibsfarten end hvad elproduktionen kan imødekomme. Dette til trods for, at eksportpotentialet i dette scenarie er beregnet konservativt.

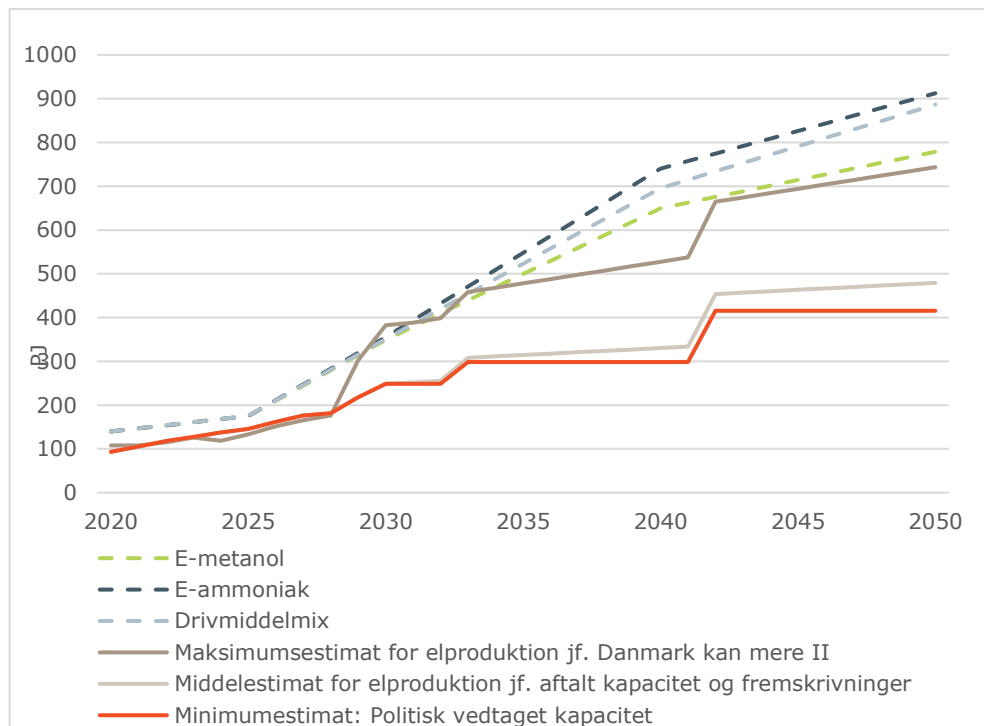
Figur 6-4 viser efterspørgslens sammensætning fra de forskellige sektorer. Som det fremgår, er der stor vækst i efterspørgsel fra de øvrige danske sektorer frem mod 2030, hvor 70 % målsætningen skal nås i disse sektorer. Fra 2030 er stigningen drevet af dels den internationale flytrafik og den internationale skibstrafik, der bunkrer i Danmark. Efterspørgslen fra indenrigsskibstrafikken er i den sammenhæng ubetydelig.



Figur 6-4: Forventet national efterspørgsel efter vedvarende strøm PJ i scenarie 1, 2 og 3 som resultat af omlægning af skibsfarten

Figuren viser også, at den nationale og internationale skibstrafik inklusiv eksportpotentialet står for over halvdelen af den samlede efterspørgsel i 2050.

Ser vi på de mere specialiserede varianter af scenarierne, hvor der alene anvendes e-metanol eller e-ammoniak sammenlignet med mix-alternativet, får vi nedenstående udvikling i efterspørgslen i Scenarie 3. Det er kun i dette scenarie, hvor der er synlig forskel på behovet for vedvarende strøm. Forskellen mellem de tre alternativer vises i Figur 6-5.



Figur 6-5: Forventet efterspørgsel efter vedvarende strøm (PJ), ved skibsfartens efterspørgsel efter ren e-metanol, ren e-ammoniak og et mix af brændstoffer

Den største forskel på de tre alternativer er en samlet lidt lavere efterspørgsel efter vedvarende strøm i e-metanol scenariet. Dette kommer af, at en andel af metanolproduktionen er beregnet som bio-e-metanol, hvor strømforbruget er lavere end for e-ammoniakproduktionen. Dette spiller også ind på mix-scenariet, hvor det i den tidlige del af perioden giver et relativt større sammenfald med mix scenariet, mens forskellen bliver større i slutningen af perioden, hvor ammoniakalternativet har større vægt.

6.2 Vedvarende brint

6.2.1 Tilgængelighed af vedvarende brint

For så vidt angår produktion af brint anvendes målsætningen fra den danske Power-to-X strategi, der udgør et spænd i elektrolysekapacitet på 4-6 GW i 2030 (Regeringen m.fl., 2022).⁸ Dette resulterer i en planlagt brintproduktion på 58-88 PJ i 2030.⁹ Dette spænd fremskrives lineært frem mod 2050. Det bemærkes

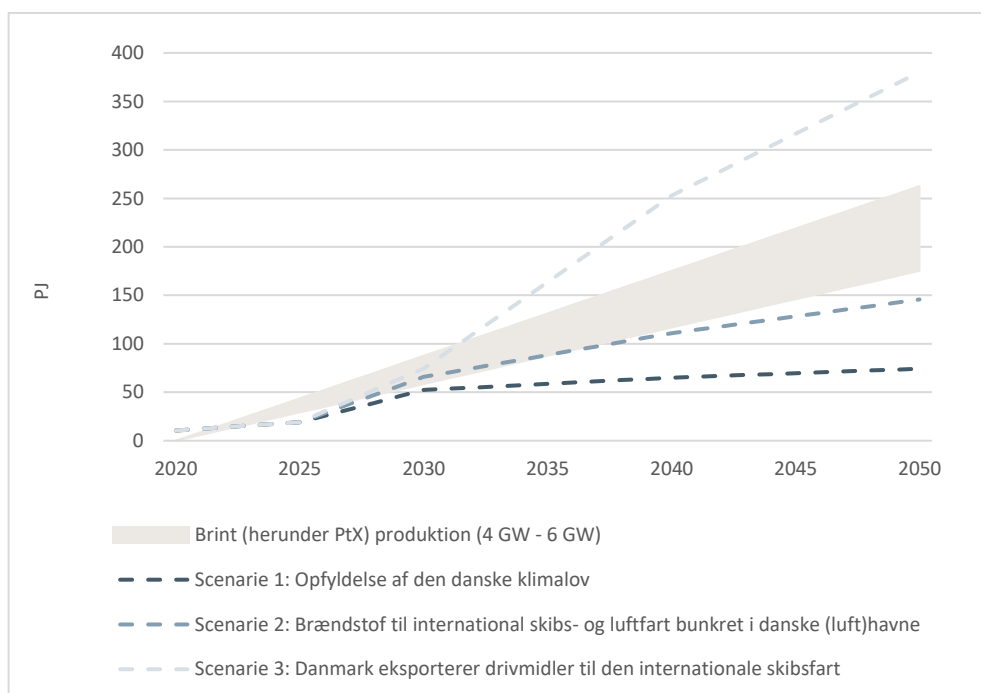
⁸ Elektrolysekapacitet på 4-6 GW er et udtryk for den kapacitet af elektricitet der forventes anvendt til elektrolyse.

⁹ Med en elektrolyseeffektivitet (HHV) på 77% og en kapacitetsfaktor på 60%

samtidig, at der i dag er en forventning om en brintkapacitet på over 7 GW i 2030 baseret på udmeldinger i markedet (Regeringen m.fl., 2022).

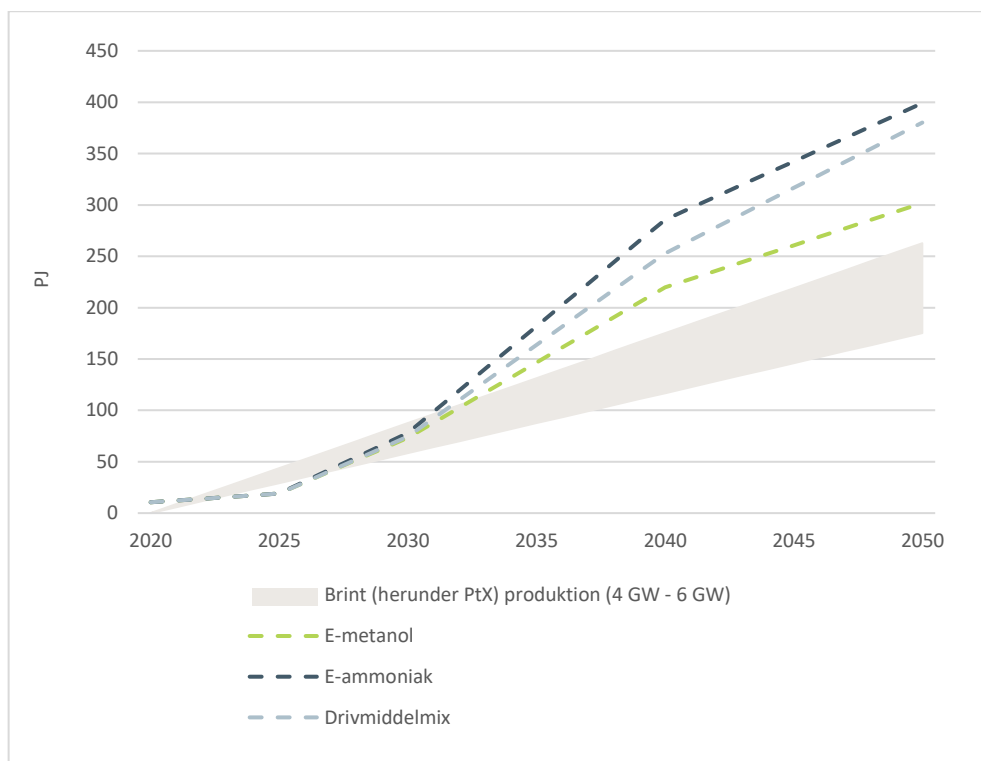
6.2.2 Efterspørgsel efter vedvarende brint

Tilsvarende er det beregnet, hvor stor efterspørgsel efter vedvarende brint, de tre efterspørgselsscenerier giver anledning til. De overordnede udviklinger følger samme spor som efterspørgslen efter vedvarende strøm. I modsætning til forholdet mellem efterspørgsel og udbud af vedvarende strøm, peger de forventninger, der er til udbygningen af produktion af vedvarende brint på, at brintproduktionen kan imødekomme både efterspørgslen fra indenrigssektorer (scenarie 1) samt brændstofmængderne til international skibs- og luftfart der bunkres i Danmark (scenarie 2). Her skal det bemærkes, at dette for scenarie 2 forudsætter en fortsat udbygning af produktionen af brint frem mod 2050. Såfremt udbygningen fortsætter, vil udbuddet af vedvarende brint med andre ord være tilrettelagt mod en større eller mindre eksport. Udbuddet vil dog langt fra være tilstrækkeligt til at dække hele eksportpotentialet for til den internationale skibstrafik, som set i scenarie 3. Såfremt udbygningen i brintproduktion ikke fortsætter som antaget, men derimod stagnerer på 2030 niveau, vil brintefterspørgslen i scenarie 2 også overstige produktionen.



Figur 6-6: Forventet national efterspørgsel efter brint i scenarie 1, 2 og 3 ved blandet efterspørgsel efter e-metanol og e-ammoniak fra skibsfarten

Billedet fra behovet for vedvarende strøm i forhold til de to alternative PtX produkter gentages også her i forhold til efterspørgsel efter brint, jf. Figur 6-7. E-ammoniak har større brintbehov end kombinationen af e-metanol og e-bio-metanol, og derfor også behov for et større brintinput. Figuren viser også, at selv om alle tre drivmiddelsammensætninger vil kræve en yderligere udbygning af brintproduktionen, for at imødekomme efterspørgslen i scenarie 3, så vil den påkrævede udbygning være markant højere for anvendelse af ren e-ammoniak.

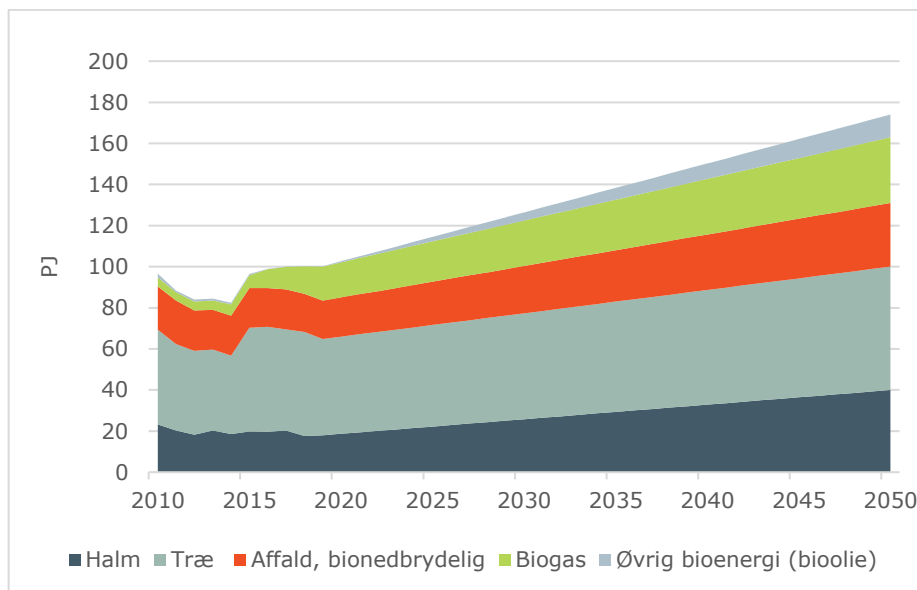


Figur 6-7: Forventet efterspørgsel efter brint i scenarie 3, ved skibsfartens efterspørgsel efter ren e-metanol, ren e-ammoniak og et mix af brændstoffer

6.3 Biogas og biomasse

6.3.1 Tilgængelighed af biogas og biomasse

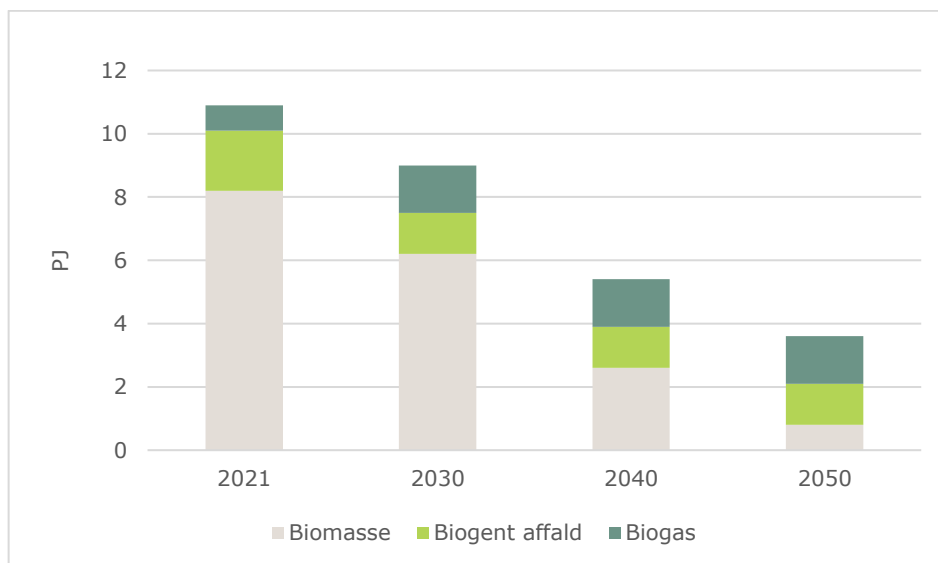
Der findes desværre få opdaterede kilder for opgørelse af de nationale biomasseressourcer. Klimakommissionen har i 2010 beregnet det samlede energipotentialtiale fra danske landbaserede biomasse-ressourcer til 174 PJ/år frem mod 2050, hvilket bekræftes af øvrige kilder (Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget, 2021). Baseret på Energistyrelsens energistatistik over produktion af biomasse frem til i dag, er den tilgængelige biomasse fremskrevet til 174 PJ/år frem mod 2050, jf. Figur 6-8.



Figur 6-8: Forventet national produktion af biomasse frem mod 2050 (PJ/år)

Kilde: Energistyrelsens Energistatistik (Energistyrelsen, 2020) og Klimakommissionen (Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget, 2021)

Biogen CO₂-fangst fra punktkilder for afbrænding af biomasse (hovedsageligt kraftvarme, affald, biogas og industriedler) kan være en kilde til produktion af grønne brændstoffer, plastik og kemikalier. Ifølge EA Energianalyse har vi næsten 11 mio. ton biogen CO₂ tilgængelig i dag (EA Energianalyse, 2020). Efterhånden som importeret biomasse reduceres, forventes det, at der frem mod 2050 kun vil være ca. 3,5 mio. ton biogen CO₂ tilgængeligt, som vist i Figur 6-9. Den biogene CO₂ vil primært komme fra produktion af biogas og biogent affald, mens biomassen vil udgøre en mindre andel.



Figur 6-9: Forventet mængder tilgængelig biogen CO₂ fra 2021 til 2050. Reduktionen skyldes i høj grad udfasning af store biomassefyrede kraftvarmeværker.

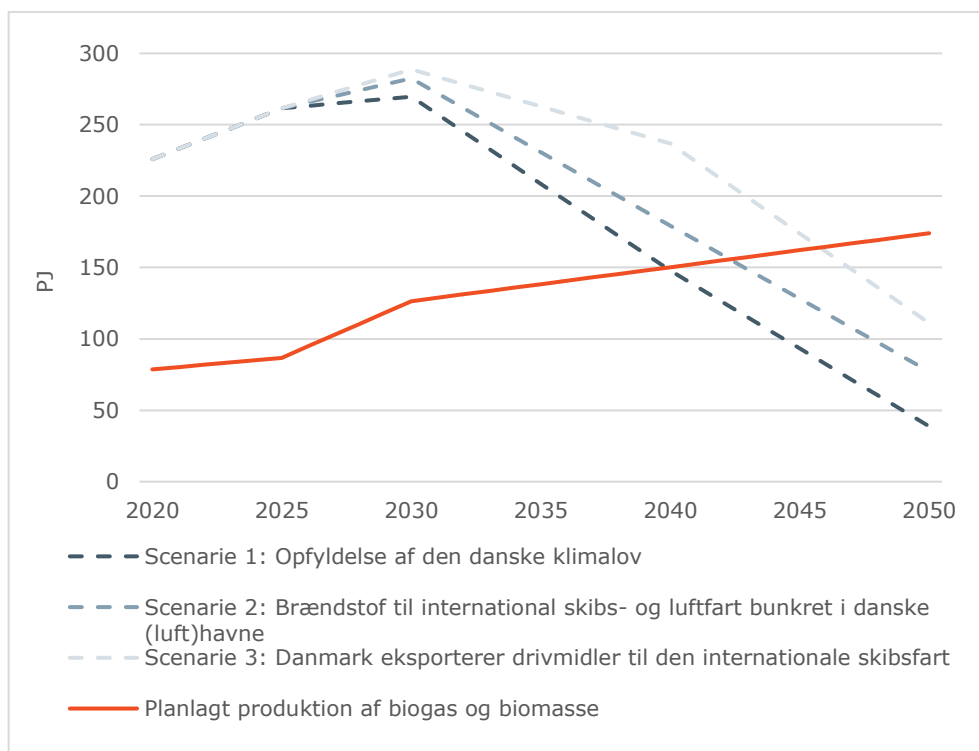
Kilde: EA Energianalyse (EA Energianalyse, 2020)

6.3.2 Efterspørgsel efter biogas og biomasse

Endelig er der opgjort, hvorledes efterspørgslen efter PtX brændstoffer trækker på biogas og biomasse. Disse to elementer udgør, ligesom adgangen til vedvarende brint og strøm, en potentiel begrænsende faktor i den grønne omstilling af skibsfarten.

I Figur 6-10 sammenlignes efterspørgslen i de tre scenarier med den planlagt produktion. Som grafen viser, anvendes der i Danmark allerede i dag mere biomasse end der produceres nationalt, især til el- og varmeproduktion. Ifølge Energistyrelsen importeres ca. 50 % af biomassen til dansk el- og varmeproduktion (Energistyrelsen, 2020). Jævnfør aftale om klimaplan for en grøn affalds- sektor og cirkulær økonomi forventes mængden af importeret biomasse at blive nedbragt i fremtiden, og dermed vil den grønne omstilling blive mere afhængig af det nationale biomassepotentiale (Regeringen m.fl., 2020).

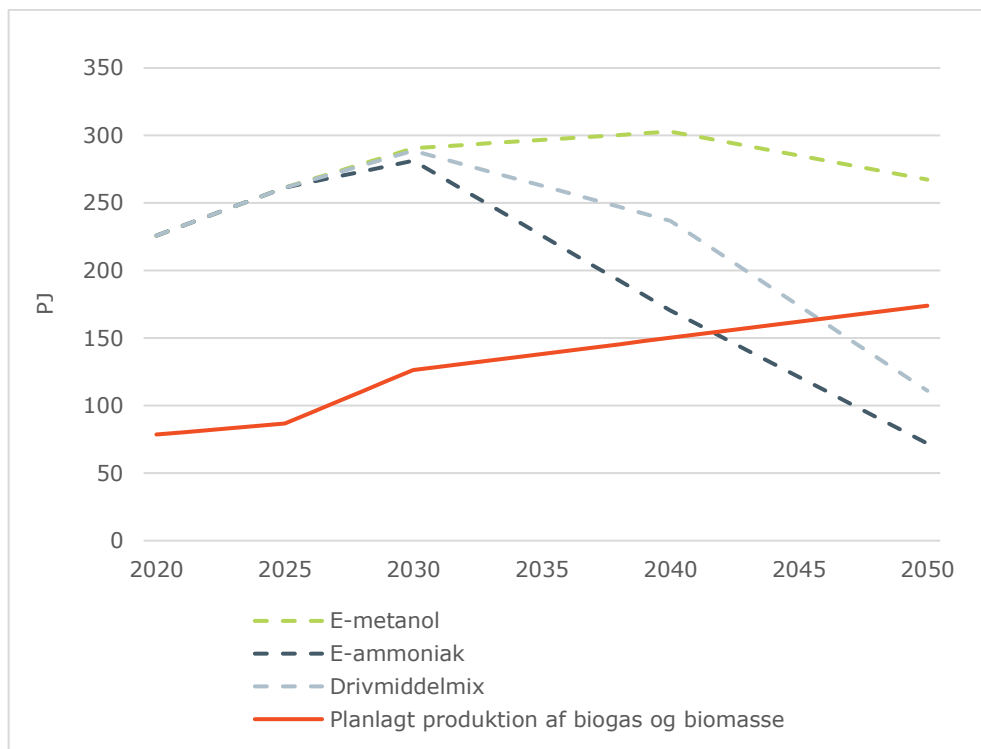
Selv med den planlagte udvikling i det nationale biomassepotentiale vil det ikke være muligt at møde efterspørgslen før omkring 2040 for scenarie 1. Dette til trods for, at efterspørgslen efter disse produkter vil være aftagende i takt med elektrificeringen af flere sektorer samt andre måder at opfylde klimamålsætningerne på. Inkluderes den danske andel af international skibstrafik vil der ikke være tilstrækkelig tilgængelig biomasse og biogas før omkring 2042 og hvis Danmark skal eksport brændstoffer til Østersøen er det ikke før omkring 2045.



Figur 6-10: Forventet national efterspørgsel efter biogas og biomasse i scenarie 1, 2 og 3, ved blandet efterspørgsel efter e-metanol og e-ammoniak fra skibsfarten

I det analyserede mix-scenarie vil 80 % af brændstofforbruget i den maritime sektor i 2050 komme fra e-ammoniak som ikke indebærer en efterspørgsel efter biomasse. Behovet i figurene kommer med andre ord fra den del, der anvendes til e-metanol produktion, samt fra efterspørgslen fra andre sektorer. Set i lyset af denne store efterspørgsel efter biomasse, er biomassen den væsentligste begrænsning for den danske udvikling af PtX brændstoffer til den maritime sektor og generelt, idet der er en stor efterspørgsel i de fleste sektorer. Udfordringen er især at fly og dele af industrien ikke har andre alternativer end biogas og biomasse-baserede brændsler. For at imødegå det danske behov kan der eventuelt importeres biomasse og biogas, men dette alternativ er udfordret af, at der også der internationalt forventes at blive mangel på biomasse og biogas.

Forskellen mellem brændstofferne i efterspørgslen på inputtene er større, når der ses på biogas og biomasse sammenlignet med efterspørgslen efter vedvarende strøm og brint. I Figur 6-11 ses, at det kræver betydelig større mængder af biomasse hvis skibsfarten omstilles til ren e-metanol sammenlignet med ren e-ammoniak. Det kommer særligt til udtryk frem mod 2040, hvor omstillingen af national og international luftfart finder sted samtidig med at efterspørgslen fra skibsfarten stiger markant. Efter 2040 ses et fald, forårsaget af at andre sektorer får mulighed for at overgå til drivmidler der ikke er karbonbaserede, i takt med at produktionsapparater udskiftes.



Figur 6-11: Forventet efterspørgsel efter biogas og biomasse i scenarie 3, ved skibsfartens efterspørgsel efter ren e-metanol, ren e-ammoniak og et mix af brændstoffer

Det overordnede billede er, at en fremtid hvor den maritime sektor baserer sig udelukkende på e-metanol kan give væsentlige udfordringer i forhold til at skaffe de grundlæggende relevante råvareinput. En erkendelse af dette er også en af hovedårsagerne til, at ammoniak forventes at blive det primære drivmiddel for skibsfarten i 2050.

6.4 Opsummering

Frem mod 2050 er der faste aftaler om at øge produktionen af vedvarende strøm til et minimumsniveau på 416 PJ. Hvis det derudover antages, at den naturlige udbygning af landvind, sol, og til dels havvind fortsætter med samme hastighed som Energistyrelsens estimat frem mod 2030, opnås 467 PJ vedvarende elektricitet i 2050. Endelig vil produktionen af vedvarende elektricitet stige til 744 PJ, hvis regeringens udspil "Danmark kan mere II" vedtages.

Analysen viser, at der på kort sigt ikke er tilstrækkelige mængder vedvarende strøm i de allerede aftalte udbygninger til at nå klimalovens målsætningen som er beskrevet ved scenarie 1 for 2030. Faktisk er det først omkring 2042, at den nuværende aftalte produktion af el overstiger indenrigsbehovet i scenarie 1. Dermed er det også først efter 2040 at kapaciteten kan imødekomme de energimængder, det vil kræve at omstille den danske andel af international skibsfart, og det vil ikke med den planlagte elproduktionskapacitet være muligt at eksportere strøm eller PtX produkter i nævneværdig grad hverken på kort eller lang sigt.

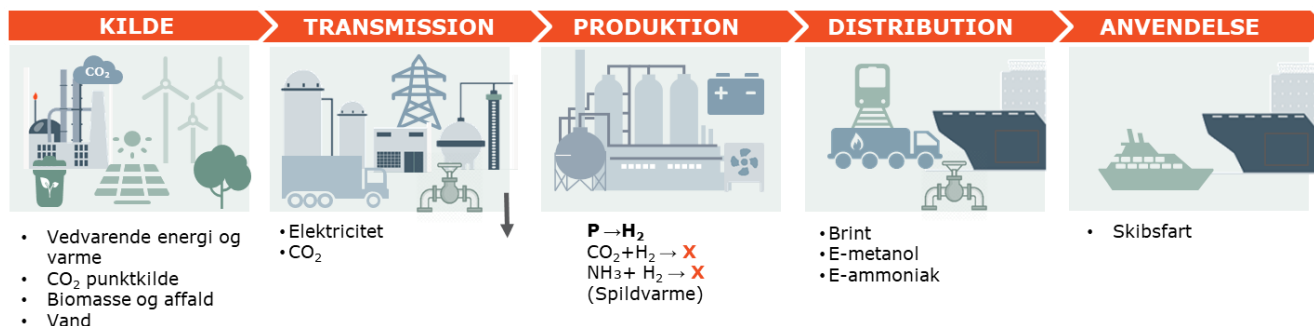
Regeringens nye udspil, *Danmark kan mere II*, giver en markant større vækst i vedvarende strøm så der i en periode mellem ca. 2030 til 2035 vil være tilstrækkelige mængder til at dække efterspørgslen i alle tre scenarier. Selv med denne øgede produktion vil der dog frem mod 2030 ikke være nok strøm til at imødekomme efterspørgslen, uanset hvilket scenarie der ses på. Efter 2035 vil potentialet for at eksportere PtX produkter til skibsfarten igen overstige elproduktionen. Dette til trods for, at eksportpotentialet til Østersøen for dette scenarie er beregnet konservativt.

I regeringens PtX strategi fremgår en planlagt brintproduktion på 58-88 PJ i 2030 (tilsvarende elektrolysekapacitet på 4-6 GW). I modsætning til forholdet mellem efterspørgsel og udbud af vedvarende strøm, peger de forventninger, der er til udbygningen af produktion af vedvarende brint på, at Danmark kan imødekomme både den nationale efterspørgsel og den danske andel af international skibsfart (scenarier 1 og 2). Udbuddet af brint vil dog langt fra være tilstrækkeligt til at dække hele eksportpotentialet til den internationale skibstrafik, som angivet i scenarie 3.

Ifølge Klimarådet er der potentiale for at mere end fordoble anvendelsen af national biomasse og biogas. Analysen viser dog, at der i fremtiden vil være stor efterspørgsel efter biomasse og biogas, som råvarer til karbonbaserede brændsler. Selv med det udvidede potentiale vil det ikke være muligt at møde den nationale efterspørgsel før omkring 2040. Inkluderer den danske andel af international skibstrafik vil der ikke være tilstrækkelig tilgængelig biomasse og -gas før omkring 2042 og hvis Danmark skal eksportere brændstoffer til international skibsfart, er det ikke før omkring 2045. For at dække behovet vil det derfor være nødvendigt at importere biomasse til PtX produktion. Prognoser for biomasse behov er stærkt afhængige af hvilket drivmiddelblanding der forventes frem mod 2050. Forventes det, at skibsfarten sejler på ren e-metanol, vil der ikke være tilstrækkelig biomasse i en overskuelig fremtid, og importbehovet vil derfor blive betydeligt større.

7 Barrierer i PtX værdikæden

Nedenfor vises en simplificeret illustration af værdikæden for PtX produktion, med fokus på e-metanol og e-ammoniak.



Figur 7-1: Illustration af værdikæden for PtX (e-metanol og e-ammoniak)

I værdikædens første led indgår en række energikilder, hvor det fx. er nødvendigt at etablere tilgængelighed og forventet kapacitet. Dernæst skal energien overføres (transmission) til anlægsområdet, hvor PtX konverteringen finder sted. PtX produktet skal derefter distribueres, for til sidst at blive anvendt hos slutbrugeren – i dette tilfælde i en skibsmotor hos rederierne.

Værdikæden indeholder en række ubekendte faktorer der giver usikkerhed for potentielle producenter, og kan blive en barriere for produktionen. Dette gælder dels den teknologiske udvikling, men også i forhold til regulering, markedsvilkår og finansiering. De forskellige områder kan anses som tværgående til værdikæden, således at der for hvert led i værdikæden er en række udfordringer i forhold til både teknologi, regulering og markedsvilkår. I de følgende kapitler vil de specifikke barrierer for hvert skridt i værdikæden blive gennemgået.

PtX værdikæden reguleres blandt andet af en række EU-direktiver, der udmøntes i den nationale lovgivning, samt af yderligere national særlovgivning. Der foregår i øjeblikket store ændringer i denne regulering, idet Europa-Kommissionen har fremlagt en række forslag til at revidere flere af de mest vidtgående EU-retsakter indenfor blandt andet klima-, energi-, transport- og skattepolitik. Disse forslag omtales samlet som "fit-for-55" pakken. Formålet med pakken er at tilpasse EU-retsakterne til ambitionen om at reducere drivhusgasemissioner med mindst 55% inden 2030, sammenlignet med 1990-niveauet. Ambitionen er vedtaget af Europa-Kommissionen i 2019 som en del af European Green Deal. Derudover reguleres international skibsfart af særlige internationale konventioner under IMO. Efter gennemgangen af barrierer for hvert led i værdikæden oprides den primære dertilhørende regulering, med fokus på de ændringer sektoren ser ind i.

7.1 Barrierer der berører hele værdikæden

Enkelte barrierer er gennemgående for hele værdikæden. Dette omhandler udfordringer med etablering af værdikædesamarbejder samt lang sagsbehandlingstid for myndighedsbehandling.

7.1.1 Lang sagsbehandlingstid for myndighedsbehandling

For hele værdikæden gælder det, at sagsbehandlingstid for myndighedsbehandling er lang og kompleks. Dette er især en udfordring ved de større produktionsanlæg, så som etablering af nye vindmølleparker og PtX produktionsanlæg eller for havneanlæg eller lignende til opbevaring af drivmidler. Opførelse af produktionsanlæg og havneanlæg til PtX er nyt for kommunale og statslige myndigheder, og der er derfor især usikkerhed om detaljeniveauet for de nødvendige tilladelser, hvilket giver særlig lang og ineffektiv sagsbehandling. PtX udviklere skal på nuværende tidspunkt have kontakt til en række forskellige statslige og kommunale myndigheder for at få de godkendelser, de har brug for. Den lange sagsbehandlingstid risikerer at forsinke PtX produktionen signifikant. Af samme grund er det i den danske PtX-strategi aftalt at etablere en PtX-taskforce, som har til formål at sikre en mere effektiv myndighedsbehandling (Regeringen m.fl., 2022).

7.1.2 Borgermodstand mod opførelse af store energianlæg

For opførelse af større produktionsanlæg har der historisk været betydelig modstand fra borgere jf. den såkaldte "Not in My Backyard" (NIMBY) effekt, hvilket yderligere forlænger myndighedernes sagsbehandlingstider. Dette opleves jævnligt ved opførelse af anlæg til produktion af vedvarende energi, og forventes også at gøre sig gældende for PtX anlæg.

7.1.3 Manglende overlap mellem aktører i værdikæden

PtX er en teknologi der spænder på tværs af mange sektorer og værdikæden involverer en række enkeltstående aktører, som skal investere milliarder af kroner i et enkelt element. Dette står i modsætning til energiproduktion indenfor olie- og gasindustrien, hvor enkelte store joint venture-aktører ofte ejer flere led i værdikæden. Dette sætter krav til, at aktørerne i værdikæden samarbejder med at identificere og løse fælles udfordringer, hvis det skal lykkes at reducere risici og imødekomme barrierer ved opskalering. Gennem partnerskaberne på tværs af værdikæden, f.eks. i demonstrationsprojekter, er det muligt at styrke sammenhængskraften i værdikæden.

7.2 Kilder

Værdikædens første led består af de energikilder der indgår i PtX produktionen. De primære barrierer udgøres her af usikkerheden om tilgængelighed af vedvarende energi, den manglende definition af kildernes værdi til produktion af bæredygtige drivmidler samt usikkerhed om markedspriser og alternative anvendelsesmuligheder for de nødvendige kilder.

7.2.1 Usikkerhed om tilgængelighed af og markedspriser for vedvarende energi

Usikkerheden omkring den fremtidige tilgængelighed af vedvarende strøm og biomasse anses som en betydelig barriere for PtX produktionen. Som beskrevet

over kræver PtX produktion betragtelige mængder vedvarende strøm og biomasse. Behovet for disse kilder finder sted samtidig med at det øvrige samfund står overfor en grøn omstilling, hvilket vil øge efterspørgslen efter kilderne.

Som vi har set i kapitel 6, vil der med de nuværende politiske aftaler omkring vedvarende strømproduktion ikke være strøm nok til at understøtte en grøn omstilling i Danmark, samtidig med at der eksisterer en betydelig PtX produktion. I dette tilfælde vil direkte elektrificering sandsynligvis få forrang for udvikling af PtX produkter, da den højere energieffektivitet vil give langt mere CO₂ reduktion per produceret strømenhed. Det samme gør sig gældende i et europæisk perspektiv, hvor eksport af vedvarende strøm til Polen, der kan erstatte fossil strømproduktion fra kulkraftværker direkte, kan være at foretrække frem for at anvende elektriciteten til PtX produktion.

Ligeledes er der behov for en ny vurdering af biomassepotentialet i Danmark samt en klargørelse af betydningen af, at import af affald til forbrænding udfases. Med de nuværende estimater forventes det, jf. afsnit 6.3.2, at biomasseforbruget vil overstige det tilgængelige potentiale. Det store forbrug er en konsekvens af, at skibsfartens omstilling sker samtidig med omstillingen af andre sektorer, herunder især luftfarten.

Med den forventede store efterspørgsel efter vedvarende energikilder, herunder usikkerhed om tilgængelighed, følger også en betydelig usikkerhed om kildernes fremtidige markedspris. Således forventes prisen på strøm at være stærkt afhængig af fx den valgte udbygning af vindpotentialet i Nordsøen og den øvrige efterspørgsel. Ligeledes vil den fremtidige pris på CO₂, fastsat gennem EU ETS samt national CO₂ beskatning, have betydning for en eventuel business case for CO₂ fangst. Spørgsmål omkring et eventuelt økonomisk incitament til lagring af bæredygtig CO₂ er også uafklaret, og dette kan i så fald kan blive en konkurrent til PtX produktion.

7.2.2 Manglende definition af hvilke kilder der defineres som bæredygtige for skibsfarten

Den gældende regulering for energiproduktion inkluderer ikke fremstilling af PtX produkter. Dermed findes der for nuværende heller ikke en definition af hvilke kilder der kan indgå i PtX produktionen for at energikilderne og de resulterede brændstoffer dermed anerkendes som bæredygtige globalt, og formelt kan anvendes til reduktion af nationale udledninger ifølge FN's og EU's reduktionsforpligtigelsesregimer. EU Kommissionen er kommet med et revideret forslag til dette som en del af den delegerede retsakt under Direktivet for Vedvarende Energi, der for nuværende er i høring. Der er dog usikkerhed om hvorvidt dette forslag bliver endelig for EU, ligesom der er usikkerhed om hvorvidt EU's definitioner af bæredygtige brændsler vil harmonere med lignende definitioner fra IMO.

EU Direktivet for Vedvarende Energi 2018/2001	
Indhold	Mål
<p>På sektorniveau reguleres transporten blandt andet gennem direktivet om at fremme anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder, som dækker både den samlede energiproduktion i EU og anvendelse af vedvarende energi inden for transport. Direktivet opstiller obligatoriske mål for anvendelsen af vedvarende energi for hele EU. Som et led i Kommissionens Fit-for-55 pakke er dette direktiv under revision, og som følge heraf har Kommissionen foreslået en ny definition af bæredygtigt brændstof.</p> <p>Transportsektoren skal generelt nå de fastsatte mål, dels gennem øget elektrificering og dels gennem iblanding af drivstoffer. Omlægningen af drivmidler i transportsektoren er ikke specifikt målrettet flådeejerne men brændstofleverandørerne.</p> <p>Under dette direktiv, vil der også komme delegerede retsakter, hvilket blandt andet har til formål at drive frivillige EU anerkendte certificeringsordninger, som kan være med til at bevise bæredygtigheden af vedvarende brændstoffer, af ikke-biologisk oprindelse (RFNBO). Retsakterne vil indeholde beregningsmetoder af drivhusgasudledninger samt regler for hvilket kilder, der kan bruges til at producere vedvarende elektricitet. Disse delegerede retsakter forventes at komme i Q2 2022.</p>	<p>Ifølge de nuværende mål skal mindst 32 % af EU's bruttoforbrug af energi komme fra vedvarende energikilder i 2030. Kommissionen foreslår, at dette skal hæves til 40 %.</p> <p>Ifølge de nuværende mål skal 14 % af det endelige energiforbrug i transportsektoren komme fra vedvarende energi i 2030. Det er dog op til de enkelte medlemsstater, hvordan den målsætning skal opnås på tværs af transportsektoren, hvorledes skibs- og flyfarten selv kan vælge at bidrage frivilligt til at indfri målet. Kommissionen foreslår at ændre målsætningen til 13 % reduktion af drivhusgasser i energiforbruget. Dette udgør et højere mål end den tidligere andel vedvarende energi på 14 %, idet det ikke er alle drivmidler under definitionen "vedvarende energi" der er 100 % vedvarende. Derudover foreslår Kommissionen, at vedvarende brændstoffer, der ikke er af biologisk oprindelse (RFNBO) skal udgøre 2,6% af det samlede energiforbrug i transportsektoren i 2030.</p> <p>Kommissionen foreslår yderligere, at bæredygtige brændstoffer defineres som brændstoffer der udleder 70 % mindre drivhusgasudledninger sammenlignet med fossile brændstoffer ud fra et livscyklusperspektiv (EU Kommissionen, 2021d).</p>

7.3 Transmission

Andet skridt i værdikæden omhandler transmission af de rå kilder til produktionsområdet. De primære barrierer på dette område vedrører behovet for forstærkning af eltransmissionsnettet og uklarhed over tariffer, behov for fastlæggelse af rammevilkår og infrastruktur for transmission af CO₂ samt behov for etablering af et rørnetværk til transmission af brint.

7.3.1 Behov for forstærkning af eltransmissionsnettet og klarhed omkring tariffer

Én af udfordringerne i elsystemer baseret på vedvarende energikilder er, at strøm skal anvendes i samme øjeblik, som det produceres. I fremtiden må vi forvente en stor udbygning af vedvarende energi fra både solparker og fra offshore-vind, bl.a. fra de to planlagte energjøer. Dette vil stille store krav til

udbygning af det danske elsystem, som skal kunne håndtere store mængder strøm af fluktuerende omfang.

Derudover er usikkerhed omkring de fremtidige tariffer lige nu en flaskehals for flere investeringsbeslutninger, hvilket er stærkt problematisk i forhold til den videre udbygning af industrien (Dansk Brint Alliance, 2022).

Partierne bag PtX strategien anerkender disse problemstillinger og er enige om, at muliggørelse af direkte linjer og geografisk differentierede forbrugstariffer for store elforbrugere, samt forbedrede rammer for lokal kollektiv tarifering, er tiltag, der kan fremme en nær placering af elproduktion og elforbrug og styrke den grønne omstilling. En ny tarifmodel er under udarbejdelse af Energinet, og den konkrete udmøntning af disse emner fra PtX strategien er derfor endnu uklar.

7.3.2 Usikkerhed om rammevilkår og infrastruktur for transmission af CO₂

Større mængder CO₂ transporteres i de fleste tilfælde mest omkostningseffektivt i rør. Transmission af CO₂ i rør er dog et ureguleret område i dag og der er derfor usikkerhed omkring hvordan reguleringen og prisfastsættelse kommer til at foregå fremover, herunder fx. om transmission af CO₂ i rør skal drives i privat eller offentlig regi. Det forventes, at transmission af CO₂ i rør vil blive etableret i regionale "hubs" inden en eventuel samling i et landsdækkende net. Usikkerheden omkring transmissionsnettet, og dermed med forsyning af CO₂, er især en barriere for e-metanolproducenter.

7.3.3 Behov for etablering af rørnetværk til transmission af brint

Et rørbaseret brintransmissionssystem (brintrætærk) forventes at give danske virksomheder en konkurrencefordel og vil dermed kunne tiltrække internationale investeringer og sikre Danmarks position som eksportør af PtX-produkter og relaterede teknologier¹⁰. Et brintrætærk vurderes også at udgøre en tiltrækningsfaktor, når virksomheder og investeringsfonde skal træffe investeringsbeslutninger om placering af fremtidens PtX anlæg, da det giver fleksibilitet i virksomhedernes proces omkring etablering. Etableringen af rørinfrastruktur til transmission af brint er desuden afgørende, hvis Danmark skal være en konkurrencedygtig eksportør af brint.

¹⁰ Flere elementer taler for etableringen af en rørinfrastruktur til transmission og distribution af brint. 1) Rørtransport er den billigste løsning til transmission og distribution af brint, for afstande under 3000 km. Det skyldes, at det kræver forholdsvis meget energi at komprimere og/eller kondensere brint, hvilket er nødvendigt for de øvrige transmissionsformer. 2) Det er langt billigere at transportere energi som brint i rør end som strøm i kabler. 3) Transport af brint i rør udgør en mulighed for at lagre energi

Etableringen af et brintnet, fra beslutningen er truffet til netværket står færdigt, vil tage mange år. Hvis markeds kræfterne alene skal drive etableringen af et brintnet, vil det forventeligt ikke blive bygget før efterspørgslen efter brint er tilstrækkelig stor. Omvendt vil efterspørgslen ikke komme i stor skala før infrastrukturen er på plads.

Endelig bør der i forbindelse med oprettelsen af et brinttransmissionsystem også oprettes en markedsplatform for handel med brint. Det vil bidrage til at skabe transparens omkring markedet og reducere transaktionsomkostningerne.

Forordningen af den transeuropæiske energiinfrastruktur (TEN-E)	
Indhold	Mål
<p>TEN-E-forordningen fra 2013 fastsætter EU's retningslinjer for energiinfrastrukturer på tværs af landegrænser, og skitserer processen for udvælgelse af projekter af fælles interesse (PCI).</p> <p>PCI infrastrukturprojekter er projekter, som anses for at være væsentlige for at opfylde EU's målsætninger på energiområdet, herunder bedre sammenkobling mellem de nationale markeder, større konkurrenceevne, forsyningssikkerhed samt udbredelsen af vedvarende energikilder (Wilson, 2021).</p> <p>Hvert andet år opdateres kravene til PCI gennem delegerede retsakter fra Kommissionen. I 2021 blev det besluttet at revidere forordningen, så den passer til målet om klimaneutralitet i 2050. Disse nye regler bliver afspejlet af den næste liste af krav til PCI, som forventes at komme i efteråret 2023 (EU Kommissionen, 2020b). Som et nyt element i TEN-E-forordningen er et fokus på brint, elektrolyse samt elektricitet fra offshore vind (Rådet, 2022).</p>	<p>Fra 2023 vil infrastrukturprojekter med fossile brændsler og naturgas ikke længere være inkluderet på listen over PCI'er. Dog er der en overgangsfase frem til 2029, hvor fossile brændsler og naturgas kan være et delelement af infrastrukturen.</p> <p>Fremadrettet skal nye PCI-projekter overholde bæredygtighedskriterier, hvilket overordnet omhandler mere og bedre integration af vedvarende energi i transmissions- og distributionsnettet samt at reducere CO₂ udledninger, i de tilfælde hvor CO₂ bruges fx. til opbevaring (EU Kommissionen, 2022).</p>

7.4 Produktion

Tredje led af værdikæden udgør selve produktionen. Udover de teknologiske udfordringer heri, er der især en barriere med hensyn til udsigten til fremtidig mangel på arbejdskraft.

7.4.1 Mangel på arbejdskraft

En afgørende forudsætning for at de grønne investeringer kan gennemføres, og at Danmark kan opnå en særlige position på dette område, er at virksomhederne kan skaffe den nødvendige arbejdskraft med de rette kompetencer. Dette aspekt har fyldt en del i debatten i de seneste år, idet manglen på arbejdskraft kan komme til at spænde ben for den nødvendige acceleration af hastigheden i den grønne omstilling. Fokus i debatten har især været manglen på bl.a.

elektrikere, smede og VVS'ere, da disse faggrupper udgør tre af de faggrupper, der forventes at blive størst efterspørgsel efter i forbindelse med de mange bygge-, anlægs- og installationsopgaver, som den grønne omstilling vil indebære.¹¹ I produktionen er der en yderligere problematik i, at der endnu ikke er etableret studieretninger med speciale i PtX området. Dermed er virksomhederne pålagt en ekstra byrde, idet de selv skal oplære sine medarbejdere i faget.

¹¹ Dette har bl.a. Green Power Denmark kortlagt i 2020 i rapporten *Beskæftigelseseffekter af investeringerne i den grønne omstilling*. Analyserne af beskæftigelseseffekterne i den rapport blev gennemført af COWI. Jf. (Green Power Denmark, 2020)

Den Europæiske brint strategi

Indhold	Mål
<p>Denne strategi indeholder tre forskellige faser for at øge produktionen, udbredelsen og brugen af vedvarende og lavkarbon brint samt at gøre vedvarende og lavkarbon brint konkurrencedygtige. Herunder til brug til produktion af alternative drivmidler for søfarten. Da disse tre faser kræver store investeringer, har EU Kommissionen i forbindelse med strategien oprettet en Europæisk alliance for brint, der har til formål at øge samarbejde og vidensdeling gennem private-og offentlige samarbejder indenfor området. Derudover vil EU Kommissionen også støtte IPCEI* projekter, der vil fremme vedvarende energi.</p> <p><i>*Important Projects of Common European Interest (IPCEI). Dette er projekter på tværs af landegrænser, hvor medlemslande i samarbejde kan støtte offentlig-private projekter med større beløb end statsstøttede projekter normalt vil kunne opnå.</i></p>	<p>Fra 2020 til 2024 skal der installeres mindst 6 GW vedvarende brintelektrolysekapacitet i EU. Der skal kunne produceres 1 million tons vedvarende brint.</p> <p>I perioden 2025 til 2030 skal brint blive en integreret del af energisystemet.</p> <p>I 2030 skal der være 40 GW vedvarende brintelektrolysekapacitet i EU. Der skal kunne produceres 10 millioner tons grøn brint.</p> <p>Fra 2030 og frem imod 2050 skal vedvarende brint have nået et modenhedsniveau, der gør det muligt at producere det i stor skala.</p>

EU's Taksonomi forordning

Indhold	Mål
<p>EU's Taksonomi har til formål at definere, hvad økonomisk bæredygtige aktiviteter er, for at fremme private investeringer i den grønne omstilling. Dette gøres gennem et evidensbaseret klassifikationssystem, der fokuserer på miljø-og klimamæssig bæredygtighed.</p> <p>For hver økonomisk aktivitet er der seks miljø-og klimamæssige mål, hvoraf det for skibsfarten er særligt relevant at kigge på målet om <i>Bæredygtig brug og beskyttelse af vand og havressourcer</i>. For at en økonomisk aktivitet kan defineres som værende bæredygtig skal den opfylde fire kriterier. Blandt disse skal aktiviteten mindst bidrage væsentligt til et eller flere af de seks miljø-og klimamæssige mål, mens samme aktivitet ikke væsentligt må skade et eller flere af de førnævnte mål. EU Kommissionen har retten til at udspecifere de økonomiske aktiviteter og deres screeningskriterier gennem delegerede retsakter. I 2021 udspecificerede EU Kommissionen dette for klima-og miljømål omhandlende klimatilpasning. Screeningskriterierne for de øvrige fire klima- og miljømål forventes publiceret i løbet af 2022, hvilket vil omfatte kriterier for bæredygtig skibsfart (EU Kommissionen, u.d.a).</p> <p>Selvom EU's Taksonomi definerer, hvad grønne økonomiske aktiviteter er, så vil</p>	<p>Taksonomiforordningens delegerede retsakt for klimarelaterede aktiviteter anerkender naturgas, som værende et bæredygtigt middel, der kan anvendes i overgangen fra kul til vedvarende eller lavemissions drivmidler. Således skal en ny facilitet, der bruger naturgas, som et overgangsmiddel senest den 31. december 2035 anvende vedvarende eller lavemissions drivmidler.</p> <p>I samme delegerede retsakt bliver brintbaserede syntetiske brændstoffer defineret som bæredygtige såfremt de udleder 70 % mindre drivhusgasser ift. fossile brændstoffer.</p> <p>På nuværende tidspunkt er indenrigsskibsfart underlagt taksonomiforordningen ift. om skibe kan kaldes bæredygtige, hvilket i høj grad er afhængig af, at de ikke har direkte udledning af CO₂-emissioner fra udstødning. Nogle undtagelser findes dog frem mod 2026 såsom hybridfartøjer (EU Kommissionen, 2021b). Her kan der være en risiko for, at anvendelse af e-metanol ikke anerkendes i jf. taksonomiforordningen, da denne vil lede til CO₂ udledninger fra udstødningen.</p>

der stadig kunne investeres i aktiviteter, der ikke er omfattet af forordningen.

7.5 Distribution

Fjerde led i værdikæden omfatter distribution af PtX drivmidlerne til slutbrugeren. Indenfor skibsfart er der her især udfordringer ift. manglende havneinfrastruktur til lagring og distribution af drivmidler.

7.5.1 Manglende havneinfrastruktur til lagring og distribution af PtX drivmidler

Anvendelse af PtX produkter i skibsfarten vil kræve faciliteter for mellemlagring og distribution på havnene. Disse faciliteter er endnu ikke etableret, og der mangler konkret viden om de regulatoriske retningslinjer denne type faciliteter skal imødekomme, især med henblik på sikkerhed.

Rotterdam Havn og Hamborg Havn er for nuværende i gang med undersøgelse af hvad det vil kræve at etablere bunkerlager og -faciliteter på havnene. Det er en forudsætning for den fremtidige distribution af PtX brændstoffer fra danske havne, at der hurtigt etableres fælles retningslinjer og regelværk for håndtering af brændstoffer fra produktionsstederne til bunkringsstederne og ved havnene. Dette bør inkludere retningslinjer med henblik på at bunkre og laste et skib samtidig, samt en standardisering af udstyr til bunkring. Etablering af internationale retningslinjer vil kræve et betydeligt arbejde i relevante internationale fora, med risiko for lange udsigter. En midlertidig national løsning kan derfor være til gavn for aktørerne, hvilket kan udarbejdes i samarbejde mellem danske havne, rederier og de relevante myndigheder.

EU Direktiv 2014/94/EU om etablering af infrastruktur for alternative brændstoffer (AFIR-direktivet)

Indhold	Mål
<p>Dette direktiv fra 2014 sikrer, at EU's medlemslande etablerer nationale handlingsplaner med fastsatte målsætninger for infrastrukturudrulning for at sikre tilstrækkeligt antal tankstationer og ladestander med alternative drivmidler til visse køretøjer og skibsfartøjer.</p> <p>For tiden er direktivet under revision, som et led i Kommissionens Fit for 55 pakke. Kommissionen vil ændre direktivet til en forordning, hvori der blandt andet skal være obligatoriske implementeringsmål for et omfattende netværk af el- og brinttankstationer til forskellige transportmidler inden udgangen af 2030. For skibsfart foreslår Kommissionen, at medlemslandene skal garantere, at der er</p>	<p>Med Kommissionens forslag, skal EU's medlemslande i 2030 dække minimum 90 % af efterspørgslen på elektricitet for både containere, passager- samt højhastigheds skibe i større havne</p> <p>I 2025 skal medlemslandene kunne levere et såkaldt "passende antal" af LNG-optankningsstationer, allokeret i TEN-T maritime havne, for ligeledes at forbedre skibsfartens infrastruktur.</p> <p>Nationalplanerne skal som minimum blandt andet indeholde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - en plan for etablering af infrastruktur for alternative brændstoffer i søhavne, navnlig for elektricitet og brint, for havnetjenester som defineret i Europa Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 2017/352 gennemsigthed for havne.

tilstrækkelig elforsyning i havne til hhv. container- og passagerskibe.

Med den nye regulering defineres vedvarende drivmidler som biomassebrændsel, biobrændstoffer, syntetiske og paraffinske drivmidler, herunder ammoniak, fremstillet af vedvarende energi. Mens naturgas, CNG, LNG alternative drivmidler samt syntetiske og paraffinske drivmidler fremstillet af ikkevedvarende energi bliver betegnet som alternative drivmidler, som skal bruges som et overgangsmiddel (**EU Kommissionen, 2021a**).

- en plan for etablering af infrastruktur for alternative brændstoffer i søhavne ud over LNG- og landbaseret elforsyning til brug i søgående skibe, navnlig for brint, ammoniak og elektricitet.

AFIR-direktivet kritiseres for, at kravet om udrulning af nødvendig infrastruktur ikke er tidmæssig ambitiøs nok. Derudover ses der en problematik i en videre udrulning af LNG-terminaler, da disse anlæg ikke nødvendigvis er egnet til andre brændstoftyper.

Det transeuropæiske transportnetværk (Trans-European Transport Network, TEN-T Regulation)	
Indhold	Mål
<p>Dette netværk indeholder transportinfrastruktur, der har en merværdi for sammenhængen i EU. De udvalgte infrastrukturlokationer såsom havne har særlige krav, der skal overholdes indenfor sikkerhed, kvaliteten samt miljø tilpasning.</p>	<p>I 2050 skal drivhusgasser fra transport være reduceret med 90 % i forhold til 1990.</p> <p>Øget antal af multimodal omladningshubs til fragt, og multimodale stationer for passagerer.</p> <p>Muliggør optagelsen af alternative brændstoffer (alle transportformer) og multimodale terminaler (EU Kommissionen, 2021f).</p>

7.6 Anvendelse

Det sidste led i værdikæden vedrører PtX drivmidlernes anvendelse hos slutbrugeren. Her er der især barrierer omkring manglende viden og enighed om sikkerhedsaspekter ved håndtering af PtX produkter, usikkerhed om tilgængelighed og pris for PtX brændstoffer til skibsfarten, samt usikkerhed om fremtidige CO₂ reduktionsmål og -afgifter for skibsfarten.

7.6.1 Manglende viden og enighed om sikkerhedsaspekter ved håndtering af PtX produkter

Et nyligt studie fra DBI viser, at aktørerne i værdikæden er usikre på en række sikkerhedsaspekter ved anvendelse af PtX produkter, og har forskellige holdninger til hvorvidt brændstofferne er sikre (DBI Fire and Security, 2021). Dertil kommer, at myndigheder har svært ved at få indsigt i afgørende sikkerhedsaspekter, og dermed har vanskeligt ved at udstikke retningslinjer på området. Der er for nuværende få retningslinjer, nationalt og internationalt, for håndtering af PtX produkter til anvendelse i fx. skibsfarten. Til trods for, at både ammoniak og metanol er produkter der anvendes til kommercielt brug i flere industriprocesser, så er anvendelsen af disse energiformer som motorbrændstof ikke almindelig. Dette gælder især for ammoniak, hvor der fx. er stor usikkerhed omkring hvorvidt bunkring af ammoniak er forsvarlig i forbindelse med af- og pålæsning af skibe. Dette har stor betydning for den business case rederierne står overfor ved nyerehvervelse af skibe.

De internationale retningslinjer for sikkerhedsforanstaltninger fra IMO bliver bestemt gennem konventionen for Sikkerhed til Søs (Safety of life at sea, SOLAS) fra 1974. SOLAS konventionen har til formål at implementere minimum sikkerhedskrav til konstruktion, udstyr og drift af skibe. Det er dog særligt IMO's Internationale sikkerhedskodeks for skibe, der bruger gasser eller andre brændstoffer med lavt flammepunkt (IGF-kodeks) fra 2017, som er relevant for brugen af ammoniak og metanol som drivmidler. Ifølge IGF-kodekset kan ammoniak og metanol bruges som drivmidler, hvis det gennem et alternativt metodedesign beskrevet i SOLAS konventionen kan demonstreres, at ammoniak og metanol har et sikkerhedsniveau tilsvarende de krav, som SOLAS konventionen foreskriver (American Bureau of Shipping, 2021). Det hidtidige fokus i IGF-kodekset har været LNG, men, siden 2021 har IMO's komite for søfartssikkerhed (MSC) og underkomitéen med ansvaret for IGF-kodekset Transport af last og containere (CCC) arbejdet målrettet på at udvikle retningslinjer for sikkerhedsforanstaltninger ved brugen af ammoniak, metanol og brint som drivmiddel (IMO, u.d.b). På nuværende tidspunkt er der foreløbige retningslinjer for metanol, og i 2023 skal CCC have udviklet retningslinjer for sikkerhedsforanstaltninger ved brugen af ammoniak som drivmiddel, mens CCC i 2024 skal have revideret de foreløbige anbefalinger til brugen af flydende brint (IMO, u.d.a).

7.6.2 Usikkerhed om tilgængelighed og pris for PtX brændstoffer til skibsfarten

I tillæg til usikkerhed om tilgængeligheden af vedvarende energi til PtX produktion, er der også usikkerhed om konkurrencesituationen for de forskellige PtX produkter, især for produkter der er karbonbaserede. Den øgede konkurrence om bæredygtigt karbon vil betyde, at priserne presses op, og at sektorer med størst betalingsvillighed bliver omstillet først. Givet at flybrændstof allerede er et betydeligt dyrere brændstof end skibsbrændstof, kan det antages at luftfarten vil have større betalingsvillighed end skibsfarten.

Usikkerhed omkring tilgængelighed hænger også sammen med usikkerheden omkring certificering af brændstofferne. Den manglende klarhed om hvordan forskellige produktionsmetoder og input kan bidrage til CO₂ reduktioner kan resultere i at markedet har større tillid til PtX produkter fra et oprindelsessted end et andet.

7.6.3 Usikkerhed om fremtidige CO₂ reduktionsmål og -afgifter for skibsfarten

Der er for tiden betydelig usikkerhed om hvilke standarder og afgifter CO₂ udledningen fra skibsfarten bliver underlagt fremadrettet. Af samme årsag er det vanskeligt for PtX producenterne at vurdere hvordan den fremtidige regulering vil påvirke den globale skibsfarts efterspørgsel efter PtX brændsler som alternativ til fossile brændsler.

IMO har med deres nuværende strategi et overordnet mål om at reducere den totale CO₂ udledninger fra international skibsfart med 50% i 2050 set i forhold

til 2008 (IMO, 2022).¹² Denne strategi forventes opdateret i 2023, og der er usikkerhed omkring hvad en ny strategi vil indebære, både i form af niveauet for standarder for CO₂ udledning, samt hvilke regulatoriske greb der vil blive iværksat for at efterleve disse. IMO har dog i maj 2022 opnået enig om, at CO₂ udledninger fra skibsfarten skal beskattes. Ønsker til prislejret af en kommende CO₂ afgift svinger en del. Mærsk har foreslået en afgift på 150 US dollar per ton CO₂ udledning, mens Marshall- og Solomon-øerne har foreslået 100 US dollar per ton CO₂ udledning. I september 2021 foreslog den internationale brancheforening for skibsfart (ICS) en afgift, der svarer til blot 0,64 US dollar per ton CO₂ udledning. I juni 2022 vil IMO's komite for beskyttelse af havmiljøet (MEPC) arbejde videre med udformningen af en afgift for CO₂ udledninger samt evt. komplimenterende tekniske krav til brændstof standarder (Gerretsen, 2022).

Udover de globale standarder er der fremsat forslag til yderligere standarder på EU-niveau. For skibsfarten har Europa-Kommissionen ligeledes foreslået et direktiv der introducerer en grænse for udledning af CO₂ for kommercielle skibe på 5.000 tons og derover (se nedenfor). Endelig er der forslag fra Europa-Kommissionen om, at skibsfarten skal inkluderes i ETS systemet sammen med den øvrige transportsektor, efter indfasning via et eget system. Det er usikkert hvilket niveau en eventuel CO₂ beskatning af skibsfarten vil ligge på i dette system. Usikkerheden omkring regulering gør det vanskelig for PtX producenterne at vurdere en fremtidig markedsstørrelse, hvilket kan forsinke de nødvendige investeringer i teknologien.

EU-forordning om anvendelsen af vedvarende og kulstoffattige brændstoffer i søtransport (FuelEU Maritime initiative)

Indhold	Mål
Dette nye EU-initiativ vil gennem en fælles EU-regelramme øge andelen af vedvarende og kulstoffattige brændstoffer i brændstofblandingen i den internationale søtransport. Dette vil ske gennem strengere grænser for drivhusgasintensiteten i den energi, som bruges af skibe fra 2025. Det vil gælde for kommercielle skibe på 5.000 brutto tons og derover.	Den årlige gennemsnitlige drivhusgasintensitet skal reduceres med 2 % fra 2025 i forhold til en endnu ikke udregnet referenceværdi, der tager udgangspunkt i data fra 2020. Reduktionskravet vil stige frem imod 2050, og de øvrige reduktionsmål er som følger: 6 % fra 1. januar 2030
Denne forslåede forordning vil dække al energi, der bruges: om bord, når skibet er i en EU-havn, al energi, som skibet bruger på rejser mellem EU-havne og 50 % af den energi, der bruges på rejser, der afgår fra eller ankommer til en EU-havn. Yderligere skal container- og passagerskibe i EU-havne fra 1. januar 2030 tilsluttes landstrømforsyning og bruge den til alle energibehov, mens de ligger til kaj, dog med enkelte undtagelser, såsom et skib,	13 % fra 1. januar 2035
	26 % fra 1. januar 2040
	59 % fra 1. januar 2045
	75 % fra 1. januar 2050
	Således er drivhusgasintensiteten reduceret med 75 % fra 1. januar 2050 sammenholdt med 2020 (EU Kommissionen, 2021e).

¹² IMO's regulatoriske ramme udspringer til dels af 1973-konventionen, MARPOL, hvis hovedformål er at forhindre forurening fra skibe baseret på optimeret energieffektivitet (IMO, 2022), og dels 1972-London konventionen, hvis fokus er på at fremme en effektiv kontrol med alle kilder til havforurening (IMO, 1973).

der i sidste øjeblik er nødsaget til at ændre sejlplan grundet uforudsete omstændigheder.

Det forventes, at Europa-Parlamentet skal stemme om dette initiativ i september 2022, og Europa-Parlamentets transportudvalg, der har det overordnede ansvar for initiativet, virker positive overfor Europa-Kommissionens forslåede reduktionskrav (**European Parliament, 2022**).

EU's CO₂ kvotehandelssystem

Indhold	Mål
<p>EU Kommissionen foreslår med Fit for 55 pakken at udvide EU's CO₂ kvotehandelssystem til den maritime sektor samt byggeri. Virksomheder underlagt kvotesystemet skal betale en pris pr. udledt ton CO₂, hvor denne CO₂ pris vil stige i takt med at det overordnede loft for CO₂ emissioner i systemet sænkes. Virksomheder underlagt kvotesystemet kan handle CO₂-kvoterne med hinanden afhængig af behov, således er EU ETS et "cap-and-trade" system. De fleste kvoter bortauktioneres mens virksomheder i sektorer, hvor en risiko for CO₂ lækage eksisterer, modtager gratiskvoter. Kvotehandelssystemet er kendetegnet ved at være et teknologineutralt markedsbaseret instrument, som kan drive omkostningseffektive reduktioner af drivhusgasser i de kvoteunderlagte sektorer. På nuværende tidspunkt dækker kvotehandelssystemet omkring 40% af EU's samlede drivhusgasemissioner, og de nuværende sektorer er: el- og fjernvarmesektoren, produktions- og fremstillingsindustrien samt fra flyselskaber, der opererer mellem medlemslande dækker.</p> <p>Kvotehandelssystemet påvirker således produktion af energi, gennem fx el- og fjernvarmesektoren eller ved ammoniakproduktion, i tilfælde hvor der udledes CO₂. Derudover påvirkes aftagermarkedet indenfor produktions- og fremstillingserhverv, hvor der udledes CO₂ ved anvendelse.</p> <p>Udvidelsen af kvotesystemet til den maritime sektor vil gælde alle emissioner fra rejser inden for EU, 50 % af emissioner fra rejser uden for EU og alle emissioner, der forekommer, når skibe er ved kaj i en EU-havn. Hermed kommer cirka to tredjedele af CO₂ emissioner fra den maritime sektor til at være underlagt direktivet. Indtægter fra salget af kvoter til den maritime sektor skal gå til en såkaldt "Ocean Fund" Midlerne fra fonden skal bruges på at dekarbonisere skibsfarten samt</p>	<p>Kommissionen foreslår at reducere emissionerne fra sektorerne underlagt EU's kvotehandelssystem med 61 % i 2030 sammenlignet med 2005-niveauer. Hvorved det årlige loft for CO₂ emissioner vil blive reduceret med 4,2 % i stedet for de nuværende 2,2 %.</p> <p>Den maritime sektor vil gradvist blive indfaset i løbet af 2023-2025 således at:</p> <ul style="list-style-type: none"> 20 % af de verificerede emissioner for 2023 indgår i kvotesystemet. 45 % af de verificerede emissioner for 2024 indgår i kvotesystemet. 70 % af de verificerede emissioner for 2025 indgår i kvotesystemet. <p>Fra 2026 og frem, vil den maritime sektor være fuldt implementeret i kvotehandelssystemet, således at 100 % af de verificerede emissioner indgår i kvotesystemet (Erbach & Foukalova, 2022).</p>

beskytte og forbedre de maritime økosystemer (**Gerretsen, 2022**).

Forordning (EU) 2015/757 om overvågning, rapportering og verifikation af CO₂-emissioner fra søtransport

Indhold

Denne forordning kræver, at skibe overvåger og rapporterer deres CO₂-emissioner, brændstofforbrug, transportarbejde og gennemsnitlige energieffektivitet, når de befinder sig i eller sejler til/fra EU. Denne rapportering har til formål at fremme reduktionen af CO₂-emissioner fra søtransport på omkostningseffektiv vis gennem andre initiativer (**EU, 2015**).

Energibeskatningsdirektivet

Indhold

Mål

Med energibeskatningsdirektivet fra 2003 fastsættes et minimumsniveau på afgifter til anvendelse af energi på tværs af EU. På nuværende tidspunkt dækker direktivet kun anvendelse af energi i vejtransport og energifgiften for diesel- og benzinlignende produkter, dvs., produkter, som kan anvendes direkte i en diesel- eller benzinmotor, skal beskattes på samme måde som benzin og diesel. Hermed findes der ikke et økonomisk incitament indenfor dette direktiv til at vælge grønnere alternativer.

Europa-Kommissionen ønsker derfor at opdatere direktivet, hvor blandt andet minimumsniveauet på afgifter til anvendelse af energi på tværs af EU hæves, og skal baseres på drivmidlerne og elektricitetens reelle energiindhold og miljømæssige præsentationer frem for primært mængden. Således ønsker Europa-Kommissionen, at de nye minimumsafgiftssatser skal udtrykkes i EUR/GJ. Disse skal yderligere årligt prisjusteres på grundlag af Eurostats forbrugerprisindeks.

Derudover foreslår Europa-Kommissionen, at svær olie, der anvendes i søfarten og petroleum, der bruges i luftfarten ikke længere vil kunne fuldt fritages for energibeskatning for rejser inden for EU.

Med Europa-Kommissionens forslag, vil minimumsafgifter også omfatte sø- og luftfarten, dog vil de have forskellige niveauer. Da skibsfarten har en risiko for "bunker evasion" vil denne have en lavere afgiftssats, der vil være på niveau med landbrugssektoren (EU Kommissionen, 2021g). Således vil svær olie, der bruges til færgefart, fiskeri og fragtsejlad i EU blive beskattet med 0,9 EUR per gigajoule. For så vidt angår skibsfart uden for EU kan medlemsstaterne afhængigt af den pågældende type aktivitet fritage eller anvende de samme afgiftssatser som for skibsfart inden for EU.

Yderligere ønsker Europa-Kommissionen med forslaget at fremme anvendelsen af renere energi i både luftfarts- og søfartssektoren, derfor vil bæredygtige og alternative brændstoffer blive pålagt en minimumsafgiftssats på nul i en tiårig overgangsperiode startende fra 2023, når disse drivmidler anvendes til luft- og skibsfart.

Europa-Kommissionen ønsker også, at elektricitet uanset dens anvendelse, avancerede bæredygtige biobrændstoffer, biogas og vedvarende brændstoffer af ikke-biologisk oprindelse såsom vedvarende brint vil have en minimumsafgift på 0,15 EUR pr. gigajoule. Samt at kulstoffattig brint og lignende drivmidler vil have samme minimumsafgift over en tiårig periode.

For øvrige drivmidler har Europa-Kommissionen med deres forslag inddelt disse i tre forskellige kategorier. Kommissionen foreslår således, at:

konventionelle brændstoffer såsom dieselolie og benzin samt ikke-bæredygtige biobrændstoffer skal have den højeste minimumsafgiftssats på 10,75 EUR pr. gigajoule, når de bruges som motorbrændstof, mens denne sænkes til 0,9

EUR pr. gigajoule, når de anvendes til opvarmning. Disse værdier anvendes som referenceværdier for de næste to minimumsafgiftssats kategorier.

For naturgas, LPG, ikke-vedvarende brændstoffer af ikke-biologisk oprindelse, som selv om de er baseret på fossile brændstoffer kan yde et vist bidrag til dekarbonisering på kort og mellem-lang sigt bliver med Kommissionens forslag underlagt minimumsafgiftssatser på 7,17 EUR pr. gigajoule, når de anvendes som motorbrændstof og 0,6 EUR pr. gigajoule, når de bruges til opvarmning. Dette vil gælde i en tiårig periode, inden de vil få samme afgiftssats, som konventionelle drivmidler.

For bæredygtige men ikke-avancerede biobrændstoffer vil satsen være sat til 5,38 EUR pr. gigajoule, når de bruges som motorbrændstof og 0,45 EUR pr. gigajoule, når de bruges til opvarmning (EU Kommissionen, 2021c).

8 Konklusion

Analyserne har sammenlignet efterspørgslen efter PtX brændstoffer og de træk det giver på vedvarende elektricitet, vedvarende brint samt biomasse og biogas med den forventede produktion af disse faktorer. Overordnet peger analyserne på, at

- > der vil være et efterslæb på produktion af vedvarende elektricitet på kort sigt selv når der kun ses på det nationale behov for at imødekomme klimaloven og brændstoffer til international anvendelse bunkret i Danmark.
- > der vil på lang sigt ikke være vedvarende elektricitet nok til at dække eksportpotentialt for PtX brændstoffer – og denne er formentlig konservativt vurderet. dette gælder også ved vedtagelse af regeringens udspil i *Danmark kan mere II*
- > I modsætning til forholdet mellem efterspørgsel og udbud af vedvarende strøm, peger de forventninger, der er til udbygningen af produktion af vedvarende brint på, at Danmark kan imødekomme både den nationale efterspørgsel.
- > den vedvarende brintproduktion vil muligvis kunne dække bunkring af skibs- og flybrændstoffer foretaget i Danmark, hvis de forventede udmeldinger om produktionskapacitet implementeres og udbygningen fortsætter i samme hastighed frem mod 2050.
- > såfremt udbygningen af vedvarende brint fortsætter som forventet, vil udbuddet være tilrettelagt mod eksport. Den vedvarende brintproduktion vil dog hverken kort eller lang sigte være nok til at dække eventuel eksport af PtX brændstoffer i det omfang der er beskrevet i scenarie 3.
- > efterspørgslen efter biomasse og biogas vil på kort sigt være en del under behovet når der ses på den indenlandske efterspørgsel. Manglen vil være endnu større når der ses på international eksportpotentialt og også når den samlede bunkring i Danmark betragtes.
- > der vil være bedre balance mellem udbud og efterspørgsel efter biomasse og biogas på lang sigt, når en noget større del af PtX produktionen antages at være til e-ammoniak, og karbonbaserede brændsler udfases i øvrige sektorer. Fra ca. 2040 kan den indenlandske efterspørgsel dækkes og omkring 2045 vil bunkring og delvist også eksport af PtX brændstoffer kunne dækkes.

Konklusionerne vil kun holde, hvis de ambitiøse udbygninger af produktionskapaciteten af både vedvarende strøm og vedvarende brint opfyldes. I modsat fald vil der være en endnu større mangel på PtX brændstoffer produceret i Danmark.

Produktion af PtX brændstoffer er en vigtig forudsætning. Der er dog også andre barrierer for muligheden for at den maritime sektor kan omlægges til PtX brændstoffer. Der er forskellige former for regulering som ikke er tilpasset de

nye produkter, ligesom forskellige regulatoriske barrierer kan få betydning for muligheden for at udvikle både produktion, distribution og anvendelsen.

9 Referencer

- American Bureau of Shipping, 2021. *GUIDE FOR AMMONIA FUELED VESSELS SEPTEMBER 2021*, Spring, Texas: American Bureau of Shipping.
- Baltic Marine Environment Protection Commission, 2019. *Emissions from Baltic Sea shipping in 2006 - 2018*, s.l.: s.n.
- Dansk Brint Alliance, 2022. *Altinget*. [Online]
Available at: <https://www.altinget.dk/forsyning/artikel/dansk-brint-alliance-ptx-taskforce-skal-vaere-industriens-one-stop-shop-loesning>
[Senest hentet eller vist den 20 05 2022].
- DBI Fire and Security, 2021. *Power-to-X approval processes in Denmark and Norway*, s.l.: s.n.
- DNV, 2019. *Maritime Forecast to 2050*, s.l.: s.n.
- DNV, 2022. *Maritime forecast to 2050*, s.l.: s.n.
- EA Energianalyse, 2020. *Potentialet for nye teknologier i el- og varmesektoren*, s.l.: s.n.
- Energistyrelsen, 2020. *Energistatistik 2019*, s.l.: s.n.
- Energistyrelsen, 2021. *Klimastatus og -fremskrivning*, s.l.: s.n.
- Energy Supply, 2021. *Dan Jørgensen: Biomasse må og skal kun bruges i en overgang*. [Online]
Available at: <https://www.energy-supply.dk/article/view/776059/dan-jorgensen-biomasse-ma-og-skal-kun-bruges-i-en-overgang>
[Senest hentet eller vist den 24 Maj 2022].
- Erbach, G. & Foukalova, N., 2022. *Review of the EU ETS 'Fit for 55' package*. [Online]
Available at:
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698890/EPRS_BRI\(2022\)698890_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698890/EPRS_BRI(2022)698890_EN.pdf)
[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].
- EU Kommissionen, 2020b. *Questions and Answers: The revision of the TEN-E Regulation*. [Online]
Available at:
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_2393
[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].
- EU Kommissionen, 2021a. *Forslag til Europa-Parlamentets og Rådets Forordning om etablering af infrastruktur for alternative brændstoffer*. [Online]
Available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb134db-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF
[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].
- EU Kommissionen, 2021b. *KOMMISSIONENS DELEGEREDE FORORDNING (EU) 2021/2139 om supplerende regler til Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2020/852 for så vidt angår fastsættelse af de tekniske screeningskriterier (EU's Taksonomi)*. [Online]
Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139&from=EN>
[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].
- EU Kommissionen, 2021c. *Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE restructuring the Union framework for the taxation of energy products and electricity (recast)*. [Online]
Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal->

[content/en/TXT/?uri=CELEX:52021PC0563](https://eur-lex.europa.eu/content/en/TXT/?uri=CELEX:52021PC0563)

[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].

EU Kommissionen, 2021d. *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council, Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council and Directive 98/70/EC (RED II).*

[Online]

Available at: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/amendment-renewable-energy-directive-2030-climate-target-with-annexes_en.pdf

[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].

EU Kommissionen, 2021e. *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending.* [Online]

Available at: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/fueu_maritime_-_green_european_maritime_space.pdf

[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].

EU Kommissionen, 2021f. *Questions and Answers: The revision of the TEN-T Regulation.* [Online]

Available at:

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_6725

[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].

EU Kommissionen, 2021g. *Revision af energibeskatningsdirektivet: Spørgsmål og svar.* [Online]

Available at:

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/da/qanda_21_3662/QANDA_21_3662_DA.pdf

[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].

EU Kommissionen, 2022. *REGULATION (EU) 2022/... on guidelines for trans-European energy infrastructure, amending Regulations (EC).* [Online]

Available at: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-2-2022-INIT/en/pdf>

[Senest hentet eller vist den 25 05 2022].

EU Kommissionen, u.d.a. *EU taxonomy for sustainable activities.* [Online]

Available at: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].

EU, 2015. *EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EU) 2015/757 af 29. april 2015.* [Online]

Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0757&from=EN>

[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].

European Parliament, 2022. *Fuel EU Maritime - Sustainable maritime fuels.* [Online]

Available at: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-fuel-eu-maritime>

[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].

Gerretsen, I., 2022. *UN body makes 'breakthrough' on carbon price proposal for shipping.* [Online]

Available at: <https://www.climatechangenews.com/2022/05/23/un-body-makes-breakthrough-on-carbon-price-proposal-for-shipping/>

[Senest hentet eller vist den 25 05 2022].

- Getting to Zero Coalition, 2021. *Five percent zero emission fuels by 2030 needed for Paris-aligned shipping decarbonization*, s.l.: s.n.
- Green Power Denmark, 2020. *Beskæftigelseseffekter af investeringerne i den grønne omstilling*, s.l.: s.n.
- IMO, 1973. *Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*, s.l.: s.n.
- IMO, 2022. *Initial IMO GHG Strategy*. [Online]
Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>
- IMO, u.d.a. *Maritime Safety Committee (MSC 105), 20-29 April 2022*. [Online]
Available at:
[https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MSC-105th-session.aspx#:~:text=The%20Maritime%20Safety%20Committee%20\(MSC,from%2020-29%20April%202022.](https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MSC-105th-session.aspx#:~:text=The%20Maritime%20Safety%20Committee%20(MSC,from%2020-29%20April%202022.)
[Senest hentet eller vist den 25 05 2022].
- IMO, u.d.b. *Sub-Committee on Carriage of Cargoes and Containers, 7th session (CCC 7), 6-10 September 2021*. [Online]
Available at:
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/CCC-7th-session.aspx>
[Senest hentet eller vist den 25 05 2022].
- International Renewable Energy Agency, 2021. *Innovation Outlook: Renewable Methanol*, s.l.: s.n.
- Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget, 2021. *Endeligt svar på spørgsmål 149 til Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget*. s.l., s.n.
- Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping, 2022. *Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping launches partnership with progressive ports to establish the European Green Corridors Network*. [Online]
Available at:
https://cms.zerocarbonshipping.com/media/uploads/documents/EGCN-Press-Release-March-30_2022-03-29-145413_ylwo.pdf
[Senest hentet eller vist den 25 Maj 2022].
- Mærsk, 2021. *Sustainability Report 2021*, s.l.: s.n.
- Regeringen m.fl., 2021. *Investeringer i et fortsat grønnere Danmark*, s.l.: s.n.
- Regeringen m.fl., 2022. *Aftale om udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer (Power-to-X strategi)*, s.l.: s.n.
- Regeringen, 2022. *Danmark kan mere II*, s.l.: s.n.
- Rådet, E., 2022. *TEN-E: Rådet giver grønt lys for nye regler for grænseoverskridende energiinfrastruktur*. [Online]
Available at: <https://www.consilium.europa.eu/da/press/press-releases/2022/05/16/ten-e-council-gives-green-light-to-new-rules-for-cross-border-energy-infrastructure/>
[Senest hentet eller vist den 25 05 2022].
- Wilson, A. B., 2021. *Revision of the TEN-E Regulation EU guidelines for new energy infrastructure*. [Online]
Available at:
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689343/EPRS_BRI\(2021\)689343_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689343/EPRS_BRI(2021)689343_EN.pdf)
[Senest hentet eller vist den 12 05 2022].
- Wärtsilä, 2021. *Wärtsilä and SHI agree to collaborate on ammonia fuelled engines for future newbuilds*. [Online]

Available at: <https://www.wartsila.com/media/news/22-09-2021-wartsila-and-shi-agree-to-collaborate-on-ammonia-fuelled-engines-for-future-newbuilds-2978445>