

**ENERGINET**

Energinet
Tonne Kjærvej 65
DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44
info@energinet.dk
CVR-nr. 28 98 06 71

Dato:
5. oktober 2022

Forfatter:
TIL/TIL

NOTAT

FEASIBILITY STUDIE FOR JYSK BRINT TRANSMISSIONSNET – FORUDSÆTNINGER OG FORELØBIGE ANALYSER

1. Indledning

Grøn brint er et afgørende element i den grønne omstilling, og potentialet for produktion af brint i Danmark er betydeligt. Storskala produktion af brint/PtX forudsætter en veltilrettelagt brintinfrastruktur, der kan sikre omkostningseffektiv transport og lagring af brint samtidig med at den leverer adgang til eksportmarkeder.

For at understøtte dette skal brintinfrastrukturen designes og dimensioneres til at understøtte både de kortsigtede og langsigtede transport- og fleksibilitetsbehov hos de danske producenter og forbrugere af brint. Det omfatter, at brintsystemet fra start designes med afsæt i de langsigtede mål for både havvindudbygning og brintproduktion i Danmark og et blik for, at potentialet for produktion af brint i Danmark er så stort, at der er grundlag for betydelig eksport til fx Tyskland. Samspillet mellem el- og brintsystemet sikrer, at Danmark kan udbygge vedvarende energi hurtigere, i større omfang og mere omkostningseffektivt. Et stærkt udgangspunkt for en konkurrencedygtig dansk brint- og Power-to-X-industri.

Med afsæt i et feasibility studie er Energinet i gang med at afklare den samfundsøkonomiske værdiskabelse forbundet med etablering af højkapacitets brinttransmission koblet med storskala brintlagring. En brintinfrastruktur forventes at påvirke producentoverskuddet i elmarkedet positivt. Ligeledes forventes det også at have en positiv indvirkning på både producent- og forbrugeroverskud i et (kommende) brintmarked. Der vil ydermere være værdi i, at brintinfrastrukturen fra start samtænkes med udbygning af elsystemet. Herved kan udbygningsbehovet for elinfrastruktur minimeres og brintproduktionen vil give mulighed for at bidrage til balanceering af et energisystem baseret på fluktuerende vedvarende energi.

Feasibility-studiet, som blev igangsat i forsommeren, er kommet godt fra start. Vi deler her nogle foreløbige resultater, som kan ændre sig, når vi er længere med studiet. Vi ser frem imod konstruktive dialoger, som vil bidrage til kvalificering af studiet.

I nedenstående redegør vi for:

- Forudsætninger og sammenhæng med elinfrastruktur (afsnit 2)

- Overvejelser om linjeføring (afsnit 3)
- Foreløbige teknisk/økonomiske analyser (afsnit 4)
- Grænseoverskridende aktiviteter (afsnit 5)

2. Forudsætninger og sammenhæng med elinfrastruktur

Med afsæt i Energinet og Energistyrelsens markedsdialog fra 2021 og de allerede udmeldte PtX-projektplaner vurderes det, at brintinfrastruktur på transmissionsniveau før 2030, er mest interessant i Jylland. Der er også konkret interesse for eksport af brint til Tyskland samt adgang til brintlagring.

Energistyrelsen, Evida og Energinet har i fællesskab gennemført en ny markedsdialog i 2022 med god respons fra relevante aktører. Konklusionerne offentliggøres i en rapport i samarbejde med Evida, Energistyrelsen og KPMG (som har assisteret med markedsdialogen) ultimo oktober 2022. De foreløbige resultater herfra indikerer stor interesse for både indenlandsk anvendelse af brint til produktion af e-fuels samt direkte brinteksport.

Baseret på ovenstående fokuserer Energinets feasibility studie derfor på med etablering af jysk transmissions- og lagerinfrastruktur til brint. Studiet afdækker ikke behovet for tilstødende distributionsinfrastruktur til brint eller brintklynger. Transmissionsinfrastruktur i det øvrige Danmark kan snart vise sig relevant og undersøges i givet fald i efterfølgende studier. Det bemærkes, at en række af leverancerne i det første feasibility studie, vil kunne anvendes efterfølgende i lignende undersøgelser, og uanset hvor transmissionsinfrastruktur placeres. Det gælder fx den samfundsøkonomiske metodeudvikling, markedsmodellen, screeningsprocesser, omkostningsoverslag og tidsplan, som er emner der også arbejdes med udover opgørelse af samfundsværdien.

At feasibility studiet fokuserer på en opstart med brintinfrastruktur i Jylland er underbygget af de politiske aftaler og ambitioner fra blandt andet PtX strategien fra marts 2022, Esbjerg-deklarationen fra maj 2022 om udbygning af havvind i Nordsølandene samt Klimaaftalen fra juni 2022.

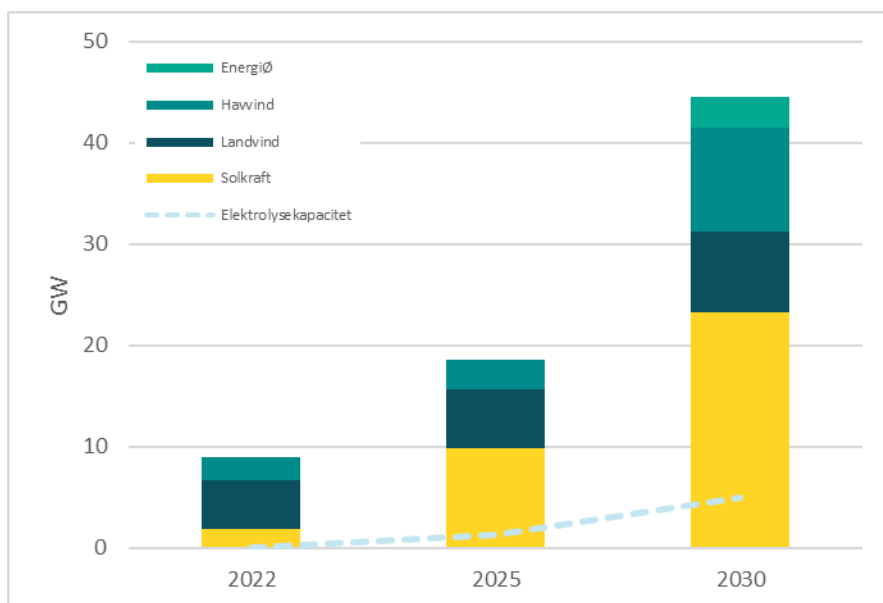
De politiske mål og ambitioner

Samlet set lægger den danske PtX strategi op til en ambition om 4-6 GW elektrolysekapacitet i 2030, og der lægges vægt på, at brint skal produceres med grøn strøm, og at der derfor er et øget behov for udbygning med elproduktionsanlæg baseret på sol- og vindkraft.

I dag er der ca. 4 GW havvind og kystnære vindmøller i Danmark, og de politiske klimaaftaler omfatter planer om yderligere havvind, så der i 2030 er ca. 10 GW. Hovedparten af havvinden forventes placeret i Nordsøen og tilsluttet elnettet på den jyske vestkyst.

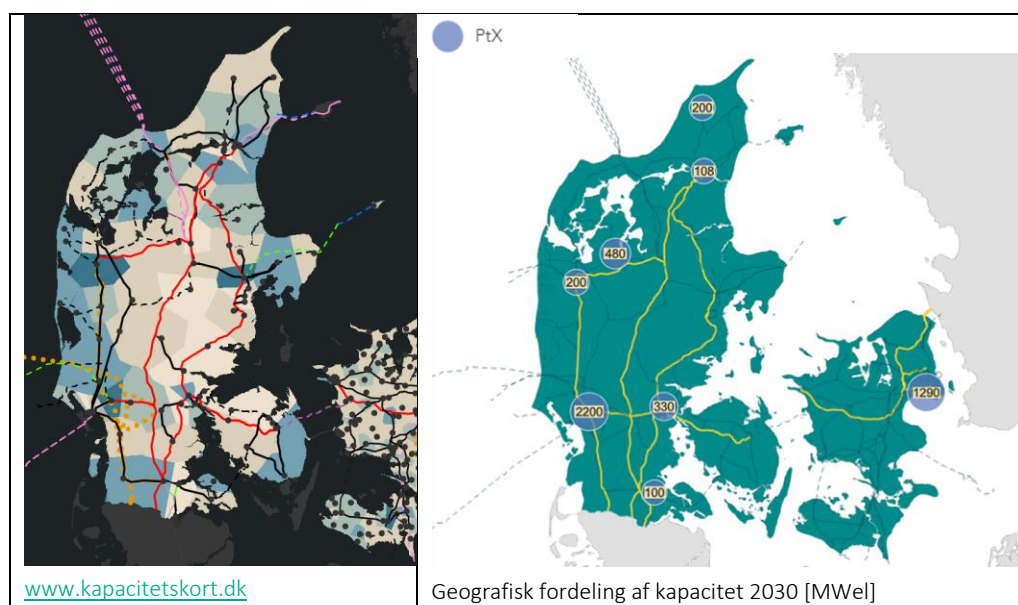
Der indgår også en betydelig udbygning af sol og vindkraft på land fra ca. 7 GW i dag til ca. 30 GW i 2030. Der arbejdes endvidere konkret med analyser af en EnergiØ i både Nord- og Østersøen på, i første omgang, op til 3 GW hver og med potentiel realisering i årene umiddelbart efter 2030.

På længere sigt er der politiske ambitioner om udnyttelse af det fulde vindpotentiale i den danske del af Nordsøen, som er estimeret til 35 GW og udbygning med yderligere PtX anlæg både onshore og offshore.



Figur 1. Udvikling i elektrolyse- og VE-produktionskapacitet (inklusive EnergiØ ved Bornholm) frem til 2030. Tallene er baseret på de politiske VE- og PtX mål

De præcise placeringer af nye PtX-anlæg er endnu ukendt, men ét vigtigt grundlag er adgang til elforsyning. I nær fremtid vil der især i store områder af Jylland i perioder være et betydelig "overskud" af strøm. Samtænkning af tilslutning af ny havvind og placering af fremtidige PtX-anlæg vil være økonomisk nyttigt set ift. at reducere behovet for nye eltransmissionsforbindelser. I feasibility studiet er adgang til elproduktion, sammen med informationer fra aktører i brintmarkedet og PtX-aftalens ambitioner om 4-6 GW elektrolysekapacitet, grundlag for den geografiske fordeling der arbejdes med i 2030, Figur 2.



Figur 2 Områder med aktuell lokal overskudsproduktion og antaget placering af PtX anlæg i 2030. Der er indregnet 5 GW elektrolyse (fra PtX aftalens 4-6 GW), hvoraf ca. 3,6 GW forventes placeret i Jylland og på Fyn, mens ca. 1,3 GW forventes at blive placeret på/ved Sjælland.

Når de endelige resultater fra Markedsdialog 2022 foreligger, vil disse indgå i de videre analyser.

3. Overvejelser om linjeføring

I figur 3 nedenfor er skitseret et eksempel på opstarten af et dansk transmissionsnet til brint. Jylland ligger med sin nærhed til Nordsøen centralt i forhold udnyttelse af de store VE potentialer på kort sigt i forhold til havvind samt landvind og sol - og på lang sigt fra kommende energikilder, som kan tænkes at ilandføre VE som både el og brint. Overvejelserne bag linjeføringen tager primært udgangspunkt i de store knudepunkter i eltransmissionsnettet, hvor havvinden og de store elektrolyseanlæg forventes at blive tilsluttet. Herfra bliver der mulighed for transport af brint til lagring i Ll. Torup samt kobling til de tilstødende systemer, herunder eksport til Tyskland.

Til fremtidige analyser har Energinet identificeret mulige transmissionsforbindelser fra Ll. Torup brintlager videre til Aalborg og/eller Trige. Hertil kan tænkes i en opkobling til et muligt svensk brintnet samt Infrastruktur på Sjælland og fra Bornholm, som fremgår af figur 3. Disse forbindelser indgår dog ikke i dette feasibility studie, men skal analyseres nærmere i fremtidige studier.



Figur 3. Illustration af brinttransmissionsnet omfattet af feasibility studiet samt mulige transmissionsnet, som er blevet identificeret og skal belyses i nye studier.

4. Foreløbige teknisk/økonomiske analyser

4.1 Foreløbige kapacitetsanalyser

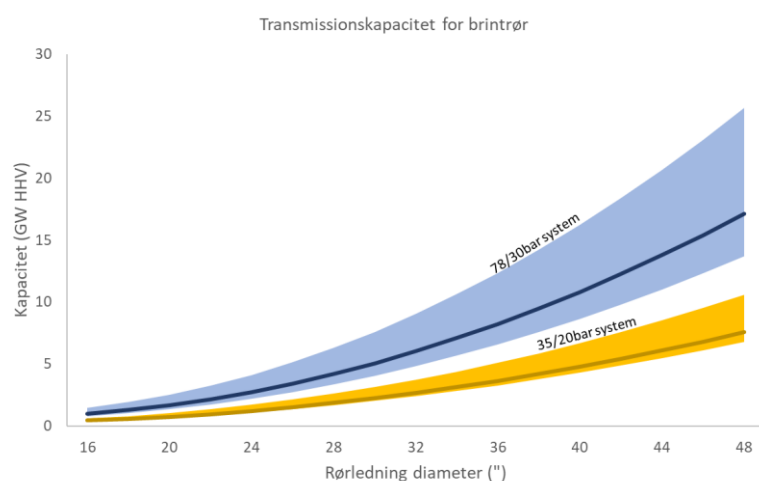
Feasibility-studiet afsøger de samfundsøkonomiske perspektiver i et brinttransmissionsnet, som forbinder PtX-aktørernes udmeldte interesseområder med brintkavernelager i Nordjylland og det tyske marked, hvor der er stor efterspørgsel efter grøn brint. Adgangen til Tyskland ses som afgørende for en accelereret dansk udbygning af vedvarende energi, da der i modsætning til Danmark, allerede findes store industrier, som allerede anvender brint. Det forventes, at der i 2030 er et samlet tysk importbehov på 76-96 TWh¹. Adgangen til det tyske marked er ikke en

¹ Den tyske regering: The National Hydrogen Strategy ([link](#))

forhindring for etablering af en stærk dansk PtX-industri – tværtimod kan det bidrage til hurtigere opbygning af den nødvendige infrastruktur til at understøtte et nationalt PtX-marked. Andre perspektiver inkluderes, herunder det faktum at der er et stort fjernvarmegrundlag i Midt- og Syddjylland, som muliggør aftag af overskudsvarme fra brintproduktionsanlæg.

Feasibility-studiet undersøger en tværgående brintinfrastruktur mellem Esbjerg og Fredericia sammen med en nord-sydgående forbindelse fra Ellund (grænsen til Tyskland) til brintlager i Ll. Torup. Studiet afsøger som udgangspunkt muligheden for etablering af 36" transmissionsrør med et designtryk på 80 bar for understøttelse af en accelereret VE-udbygning.

Ved at designe transmissionsnettet til et tryk på 80 bar vil systemet være fremtidssikret i og med, at systemkapaciteten kan øges efter behov for at håndtere stigende brintproduktion fra etablerede og nye projekter, herunder kommende tilslutninger af de danske energier. I en opstartsfasen kan brintrørerne drives ved lavere tryk, fx 35 bar, som kan være afgangstryk fra elektrolysen. Transportkapacitet kan så på sigt øges ved etablering af en eller flere kompressorstationer. Energinets foreløbige analyser viser, at en rørdiameter på 36" vil kunne håndtere transport af store brintmængder. Herved minimeres risikoen for, at der ved fremtidige stigende transport skal anlægges nye parallelle brintrør. Figur 4 nedenfor viser foreløbige beregninger af kapacitetspotentialer for et net, der drives ved indgangstryk på 78 bar henholdsvis 35 bar.



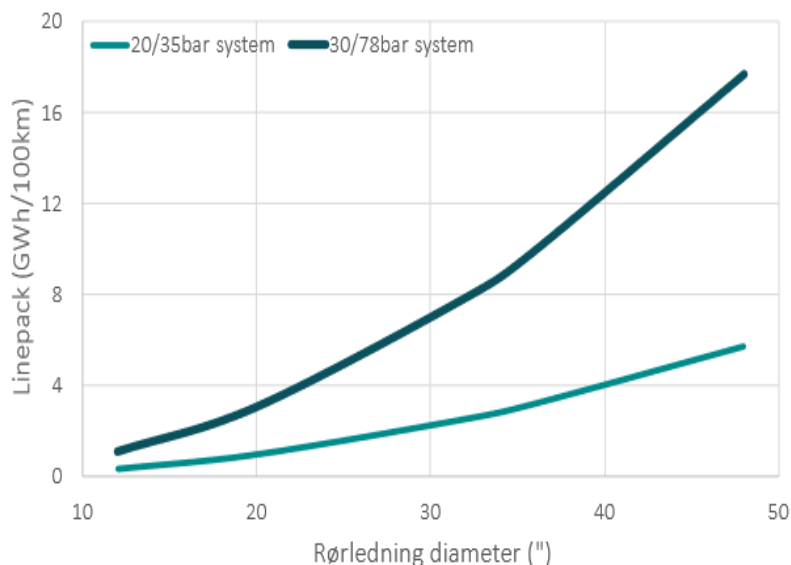
Figur 4. Kapacitetspotentialer udtrykt for forskellige rørdiameterer med 78 bar indgangstryk og 30 bar afgangstryk (blå) henholdsvis 35 bar indgangstryk og 20 bar afgangstryk (gul). Kapaciteten er angivet ved brints øvre brændværdi (HHV).

Nuværende analyser viser, at en rørdimension på fx 36" og 78 bar giver en kapacitet på 10 GW, hvilket fremtidssikrer brintinfrastruktur på strækninger med forventet stor brintproduktion i fremtiden. Koblet med den mulige konvertering af den eksisterende gasledning mellem Frølev-Egtved II rør, som er 30" og med designtryk på 80 bar, vil det sikre mulighederne for betydelig eksport. På den tyske strækning fra Ellund mod Hamburg, har et tidligere studie påvist, at eksisterende naturgasinfrastruktur kan genanvendes i stort omfang². Konvertering giver muligheder for at gøre infrastrukturloøsningen både billigere og potentielt hurtigere at etablere på de strækninger.

Større rørdimensioner og højt designtryk giver yderligere fordele ift. at kunne levere fleksibilitet på brintsiden, der muliggør fuld fleksibilitet ind i elsystemet. Linepack, som er et udtryk for den gasmængde, der er tilgængelig i ledningsnettet mellem et minimums- og et maksimum

² Energinet og Gasunie: Pre-feasibility Study for a Danish-German Hydrogen Network ([link](#))

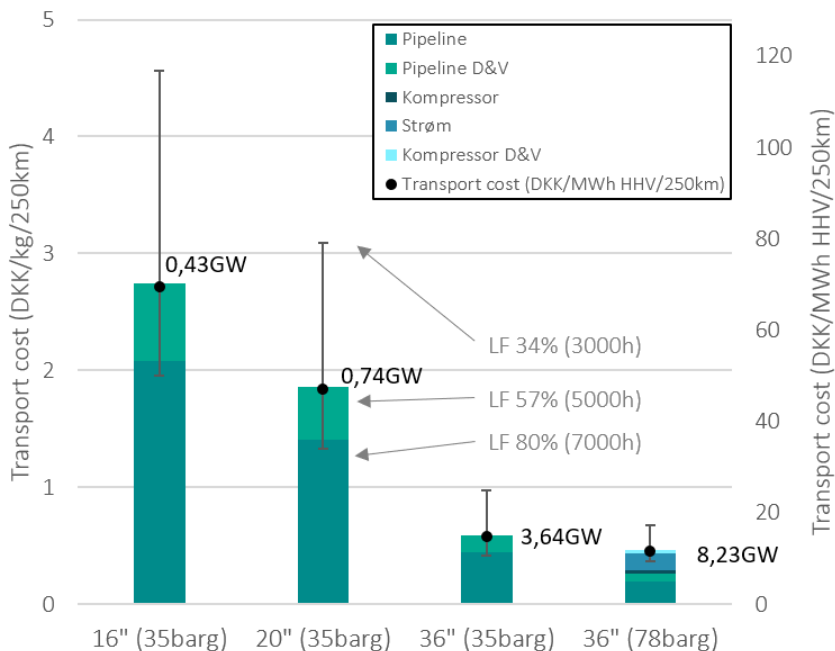
driftstryk, vil nemlig kunne anvendes i samspil med undergrundslagring af brint. Figur 5 nedenfor viser linepack-potentialer for forskellige tryk og rørdimensioner. I en opstartsfas, hvor nettet drives ved ca. 35 bar, vil et 36" transmissionsledning have et linepack-lager på ca. 3 GWh/100 km. Hæves trykket til ca. 78 bar vil der være et linepack-lager på ca. 10 GWh/100 km, hvilket svarer til ca. 10% af et brintkavernelager. Storskala kavernelagring, som også understøtter hurtige variationer mellem injektion og udtræk i samspil med brinttransmissionsystemet vil forventeligt hurtigt blive relevant for at optimere værdikæder, hvor linepackvolumen (dvs. rørdimension og maksimalt differencetryk) spiller en væsentlig rolle ift. det samlede systemdesign. Behovet for linepack volumen vil indgå i de fortsatte analyser.



Figur 5. Illustration af linepack potentialet: Mulighed for lagring af gas mellem minimums- og maksimumstryk. Et 36" rørsystem drevet ved 30/78 barg kan have et linepack-lager på ca. 10 GWh HHV/100km svarende til 2.5tH₂/km.

4.2 Indikative enhedsomkostninger og kapaciteter

I figur 6 ses overslag over transportomkostninger (DKK/kg) for tre forskellige rørdiameter (hhv. 16", 20" og 36") over en 250 km rørstrækning. Der er tale om foreløbige analyser givet under antagelse af en udnyttelse af ledningsnettet på mellem ca. 35% og 80%. Opdaterede analyser vil skulle inkludere konsekvenser af den generelle prisudvikling som vi ser i øjeblikket, hvor erfaringer fra igangværende gasprojekter viser, at inflationen og pres på forsyningskæder allerede har store konsekvenser for investeringsomkostningen. Det bemærkes, at udnyttelsesgraden af brintnettet (loadfaktor, LF) ikke alene bestemmes ud fra antal fuldlasttimer (FLH) på elektrolyseanlæggene, men vil kunne øges via samspillet med et brintlager. Det fremgår af figuren, at der ved transport af brint er betydelige skalafordele, som sikrer en lav omkostning pr. kg transporteret brint.



Figur 6. Foreløbige beregninger på brinttransportomkostninger. Der er betydelige skalafordele omkostningsmæssigt på brinttransport. Store rør er nødvendige for at få omkostninger ned over længere afstande.

5. Grænseoverskridende aktiviteter

Energinet har indgået en samarbejdsaftale med den tyske Gas TSO, Gasunie Deutschland, som opererer i Nordtyskland, [læs mere her](#). Hensigten er at sikre koordinering og samarbejde for at realisere en grænseoverskridende forbindelse mellem grøn dansk brintproduktion og tysk og europæisk efterspørgsel efter brint.

Et af de første konkrete tiltag, som vi gennemfører i fællesskab, er at søge om at få projektet klassificeret som et såkaldt *Project of Common Interest* (PCI) iht. EU TEN-E. Med den status vil det være muligt at søge om EU støtte via *Connecting Europe Facility* fonden. Det giver mulighed for EU-støtte med op til 50%, og Energinet har historisk haft gode erfaringer med at indgå i disse processer.

6. Næste skridt

Brintrørinfrastruktur er nyt i Danmark, selvom vi i et vist omfang kan bygge på erfaringer fra metangassystemet. De fortsatte analyser vil derfor også skulle forholde sig til nye problemstillinger, det gælder fx den samfundsøkonomiske værdiskabelse og håndtering af brint hos godkendende myndigheder, som har indflydelse på bl.a. tidsplaner.

De fortsatte analyser i Energinets feasibility studie vil bl.a. omfatte:

- Kvalificering af omkostninger, set i lyset af den nuværende økonomiske udvikling
- Forslag til en markedsmodel og tarifstruktur for transport af brint

- Metode for samfundsøkonomisk gevinstoptimering
- Screening af samfundsøkonomien i de undersøgte alternativer
- Forretningsmodel- og finansieringsanalyser
- Screening af trace for nye brinttransmissionsrør og konverteringsmulighed for Frøslev-Egtved II
- Tidsplan for etablering af nye brinttransmissionsrør og konvertering af Frøslev-Egtved II
- Forberedende dialog med godkendende myndigheder på teknik, plan og miljø

Energinet vil invitere til et aktørdialogmøde den 28. november, hvor vi vil dele konkrete foreløbige resultater samt indgå i dialog for at sikre, at studiet forudsætninger og resultater understøtter aktørernes behov.

Energinet arbejder frem mod at kunne fremlægge konklusionerne fra feasibility studiet og komme med en anbefaling ultimo marts 2023. Anbefalingen vil tage udgangspunkt i, om der er samfundsøkonomiske gevinster ved at etablere brintinfrastruktur. Såfremt anbefalingen går på igangsættelse af næste fase, dvs. et modningsprojekt, skal dette godkendes af både Energinets bestyrelse samt af Klima, Energi og Forsyningsministeren. Vi vil arbejde for, at en beslutning om igangsætning af et modningsprojekt, kan tages relativt hurtigt efter færdiggørelse af feasibility-studiet.

Færdiggørelse af et modningsprojekt med fremlæggelse af en samfundsøkonomisk business case og anbefaling om etableringsprojekt skønnes at kunne gennemføres på 1-1½ år. Vi vil holde jer orienterede om fremdriften i feasibility studiet [her](#). I er også altid velkomne til at kontakte Steen Brostrup Knudsen (sku@energinet.dk), som er projektleder på feasibility studiet.