

BRINTINFRASTRUKTUR I DANMARK

IMAGE: PROJECT MEGATON, DK



DANSK BRINT- INFRASTRUKTUR



- Det Europæiske Hydrogen Backbone skaber en mulighed for at fremskynde reduktion af CO₂-emissioner gennem en effektiv integration af vedvarende energiresourcer med energisystemet og sektorer, hvor reduktion af emissioner er svært opnåeligt.



- Danmark kan med sit store potentiale af konkurrencedygtig vedvarende energi i Nordsøen bidrage til dette internationale samarbejde mellem 28 europæiske nationer.



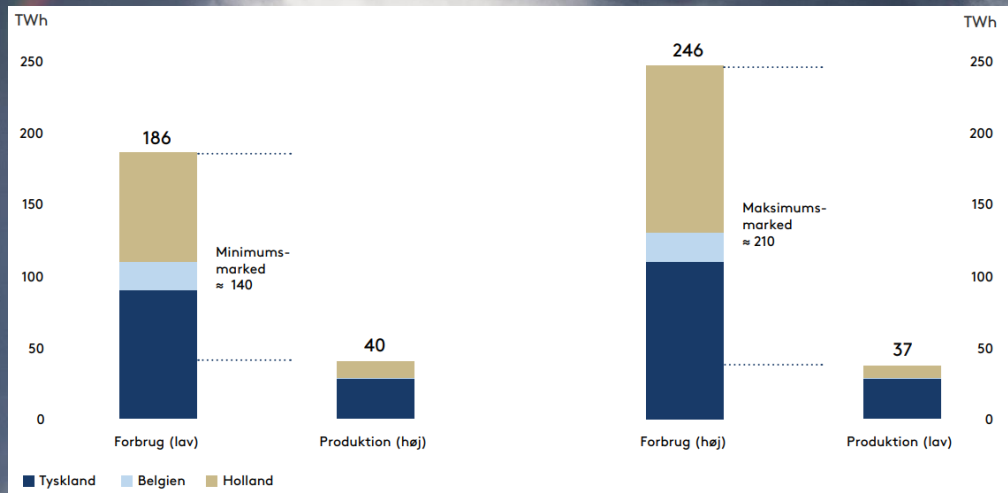
- Denne præsentation vil give en vision af, hvorledes en brint-infrastruktur kan bidrage positivt til samfundsudviklingen og opnåelsen af Danmarks klimamål.

INDHOLD

- Baggrund og potentialet
- Tidslinjer for vedtaget udvikling
- En mulig udbygningsrækkefølge af dansk brintinfrastruktur
- Forslag til en udbygning af dansk brintinfrastruktur i 3 faser:
 - 2024-2028
 - 2029-2035
 - 2036-2045



Baggrund

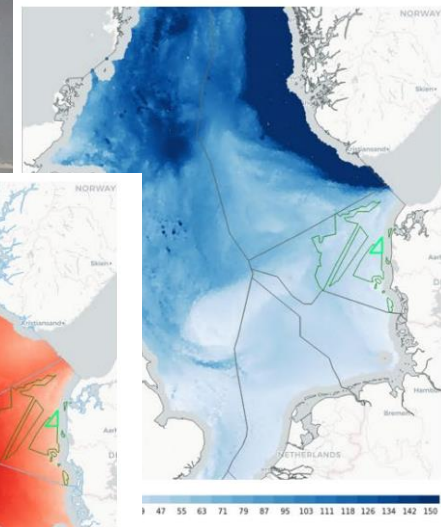
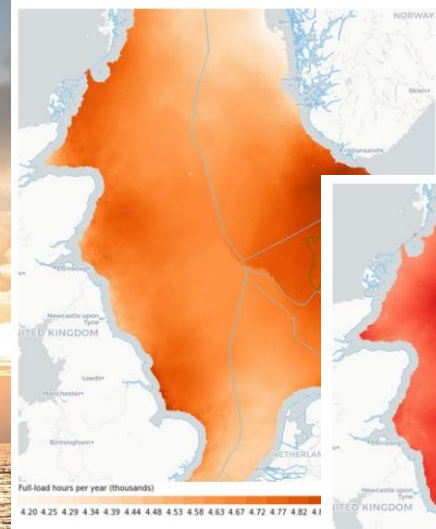


Behovet for en reduktion af CO₂-emissioner i vores nabolande mod syd udgør et omstillingspotentiale som en dansk brintproduktion kan bidrage til at opnå

Potentialet

Samspeilet mellem begrænsede havdybder og høj vindlast betyder, at den danske EEZ udgør et potentiale for konkurrencedygtigt vindenergi

Kombineres den vedvarende energi med PtX udgør dette konkurrencedygtig fremstilling af brint



EKSISTERENDE TIDSLINJER



UDBYGNINGSRÆKKEFØLGE

2028

Landbaseret brintforbindelse til Tyskland står færdig.

2033

Statslig energiø opnår kapacitet på 3-4 GW med el-forbindelse til DK. Det forventes, at hele kapaciteten på dette stadie skal bruges til direkte elektrificering i Danmark og Belgien.

2036

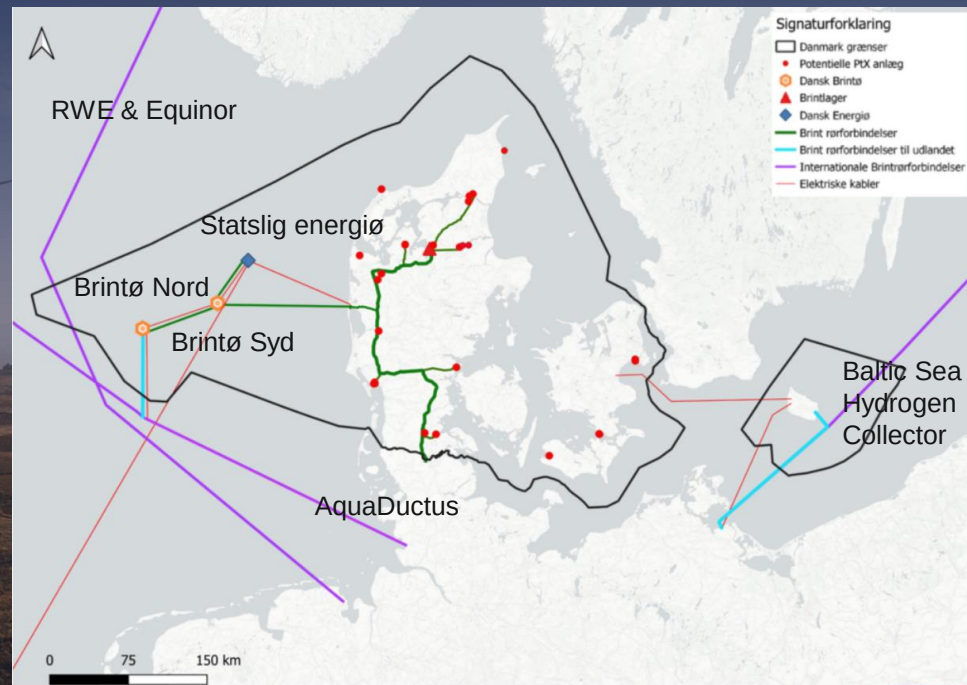
Brintø Nord står klar med 15 GW med brintforbindelse til land og el-forbindelse til den statslige energiø. Brintø Nord forbindes ligeledes med Brintø Syd.

2030

Baltic Sea Hydrogen Collector står færdig. Energiø Bornholm tilsluttes forbindelse fra Finland og Sverige til Tyskland (Lubmin).

2030

Brintø Syd står klar med 15 GW og brintrørsforbindelse til udlandet, enten til AquaDuctus eller direkte til Tyskland.



An aerial photograph showing a landscape with a road, a residential area, and a forest. The road is a multi-lane highway that curves through the landscape. To the right of the road is a residential area with many houses. To the left of the road is a large, irregularly shaped pond. The foreground is dominated by a dense forest of evergreen trees. The background shows a hazy landscape with more trees and some buildings.

Forslag til en udbygning af dansk brintinfrastruktur i 3 faser

2024 -2028

Den første fase er en udbygning af en samlet jysk brintinfrastruktur med forbindelse til Tyskland.
En samlet etablering bidrager til at indsamle brint fra et større antal potentielle producenter.



Den jyske brintbackbone

En bærende brintinfrastruktur i Jylland vil kunne løbe fra lagret i Lille Torup til den tyske grænse med en 48"-rørføring.

Det gør det muligt at opsamle brint fra et stort bagland og balancere den fluktuerende produktion og afsætning vha. det tilstødende lager.

Det vil være økonomisk fordelagtigt at genbruge det eksisterende naturgasnet så vidt muligt.

Det kræver dog, at det er teknisk forsvarligt og kapaciteten er tilstrækkelig, samt at tidspunktet er sammenfaldende med udfasningen af naturgas og senere biogas. Kapaciteten kan blive en udfordring på den sidste strækning mod den tyske grænse (punkt 1 til 2).

Det foreslås, at udbygningen af brintnettet på det sidste stykke mod den tyske grænse (punkt 1 til 2) udbygges med en ny og større rørføring, der følger naturgasnettets linjeføring, da det vil kunne opnå hurtigere godkendelse og etablering.

Særligt for ny rørføring i Midtjylland er udfordringen, at omfanget af ny bebyggelse er steget ved naturgastransmissionsledningen, samt at der er blevet etableret en række miljøzoner.

Der foreslås derfor en ny rørføring langs Vestkysten (se kort på forrige slide). Vestkyststrækningen har den fordel, at den giver nærhed til de store PtX-projekter, som udnytter Nordsøens vindkapacitet. Det er f.eks. Idomlund, Megaton, HØST og H2energys projekter.

Dimensioner og kapacitet

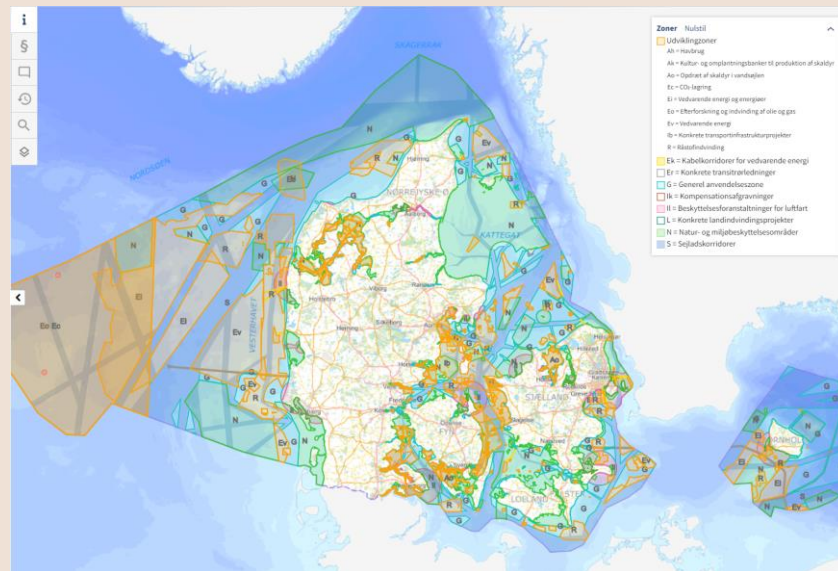
- Grundkonceptet i perioden 2024-2028 er en jysk brintbackbone fra lageret i Lille Torup til den tyske grænse. Dette er et nyt 48"-rør med en spidslastkapacitet på 18 GW, svarende til fuldlast 157 TWh/år.
- Dette vil overstige den dansk-tyske aftale på 4-6 GW (35-53 TWh) samt "omstillingspotentiallet" for Tyskland, Holland og Belgien på 16 TWh i 2030.



Hensyn taget i forbindelse med linjeføring

- I forbindelse med linjeføringen er der så vidt mulig taget højde for at undgå tæt bebyggelse, arealbeskyttelser såsom naturbeskyttelsesområder m.v.
- De værktøjer COWI har bl.a. benyttet sig af:
 - Background maps
 - Denmarks Havplan*
 - UK offshore marine
 - Electrical network DK
 - Bathymetry DK
 - GEUS DK

* I forbindelse med placering af Brintøer er der afvejet fra Havplanens specificering af dedikerede områder



Lagring

- Lagring af brint kan ske enten ved genbrug af kaverne i Lille Torup *eller* ved tryksætning og kompression i transmissionsledningen (Linepack).
- Frem mod 2030 vil 3 kaverne kunne forberedes til brintlagring. Dette ville give en lagerkapacitet på 350 GWh.
- Til højre er oplyst lagerkapaciteten i den jyske backbone i 4 scenarier. Linepack-potentialet udgør max 29% af Lille Torup.
- Samlet skal besparelsen ved linepack vægtes op imod den mindre lagerkapacitet samt at hele transmissionssystemet komprimeres, udover hvad selve transmissionen kræver.

Scenarie	P høj (Bar)	P lav (Bar)	Længde (Km)	Rør (Inch)	Linepack (GWh)	CAPEX (mio DKK)	OPEX (mio DKK)
1	80	30	366	36	32,2	6,9	155
2	80	30	366	48	57,1	8,4	187
3	120	30	366	36	55,9	8,2	155
4	120	30	366	48	101	10	223

2024-2028

Investeringer i brintinfrastruktur 2024-2028

Investeringsselement	CAPEX (DKK)	OPEX (DKK)
Brintrør til lands		
Transmissionsledning (18GW) 48" Backbone Vestkyst(186 km) Nedre T	4.3 milliarder	95 millioner
Transmissionsledning (18GW) 48" Backbone Vestkyst (180 km) Ll. Torup til Nedre T	4.1 milliarder	92 millioner
Gaslager Lille Torup Forberedelse af top side	5 milliarder	200 millioner
Brintfordelingsrør til lands		
Fordelingsledninger Gruppe 4"-8" (135 Km)	1,4 milliarder	42 millioner
Fordelingsledninger Gruppe 10"-18" (135 km)	2,5 milliarder	75 millioner
Fordelingsledninger Gruppe 20"-30" (135 km)	2,8 milliarder	84 millioner
Injicering kompression Samlet til fordelingsnet (10 GW)	5,5 milliarder	165 millioner
Elforsyning		
Elforsyning til PtX onshore forstærkning af 400 KV netværk ikke medtaget	4 milliarder	40 millioner

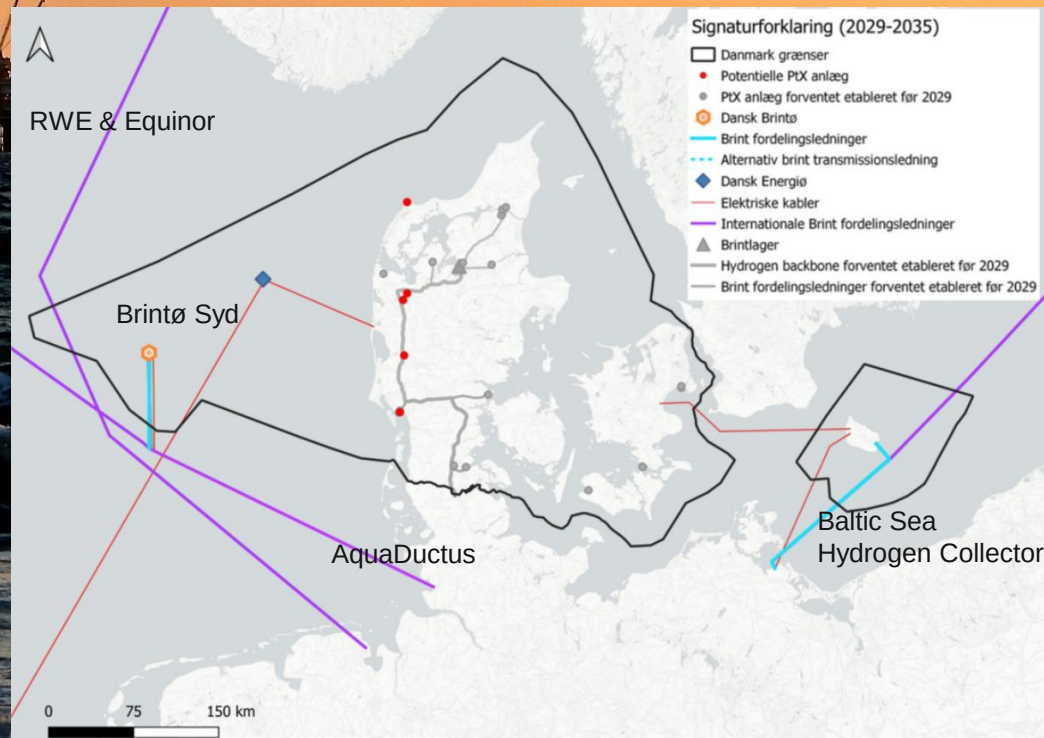
Enhedspriser for brintrør baserer sig på Brinkmanns enhedspriser på foranledning af CIP Fonden



2029-2035

Den anden fase etablerer en række internationale offshore brintforbindelser:

- Den norsk-tyske RWE & Equinor-forbindelse
- Baltic Sea Hydrogen Collector
- Det tyske AquaDuctus-projekt



Forbindelser offshore

I denne fase etableres der brintinfrastruktur til følgende projekter:

- Den statslige energiø med el-forbindelse til det danske fastland og Belgien.
- Energiø Bornholm med et vindpotentiale for Bornholm på 6,3 GW. Den vil bidrage til Baltic Sea Hydrogen Collector. Der er i projektet forudsat en kapacitet på 10 GW brintforbindelse til Lubmin (Tyskland).
- En dansk brintø i Nordsøen (Brintø Syd) ved Dokkerbanke. Brintø Syd vil blive forsynet med en brintforbindelse med en spidslastkapacitet på 18 GW til det tyske AquaDuctus-projekt eller alternativt direkte til Tyskland. Begge forslag vil tillade en årlig brinteksport på 158 TWh. Der er en opkoblingsmulighed til den Norsk-Tyske RWE & Equinor-forbindelse. Det vil dog kræve, at Danmark bliver inkluderet i den norsk-tyske aftale, som Danmark ikke er en del af på nuværende tidspunkt.

Udbygningen af el-forbindelser vil afhænge af omfanget af tilknyttede vindparker. Dertil vil optimering af udnyttelsesgraden af elektrolyseanlægget i forhold til business-casen for transmission af overskydende el skulle overvejes.

Brintø Syd

Det vurderes, at en 15 GW elektrolyseenhed med vandbehandling, elinstallationer, kompressorer mv. vil kunne optimeres til at indplaceres på en ø med et areal på ca. 72 ha. Dette svarer til det halve af arealet for et standardlayout.

- Omkostningerne ved etablering af en ø i denne størrelse på 26 meter vand vil være DKK mia.

Brinteksportkapacitet i 2035

En opsummering af brintekспортforbindelser ved udgangen af 2035 vil bestå af:

- En 18 GW (158 TWh/år) offshore brintforbindelse fra Brintø Syd mod Tyskland. Enten en direkte forbindelse til det tyske fastland eller en forbindelse til AquaDuctus-projektet.
- En 18 GW (158 TWh/år) onshore brintforbindelse over den dansk-tyske grænse.
- En 10 GW (87 TWh/år) fra Bornholm til Lubmin (Tyskland).

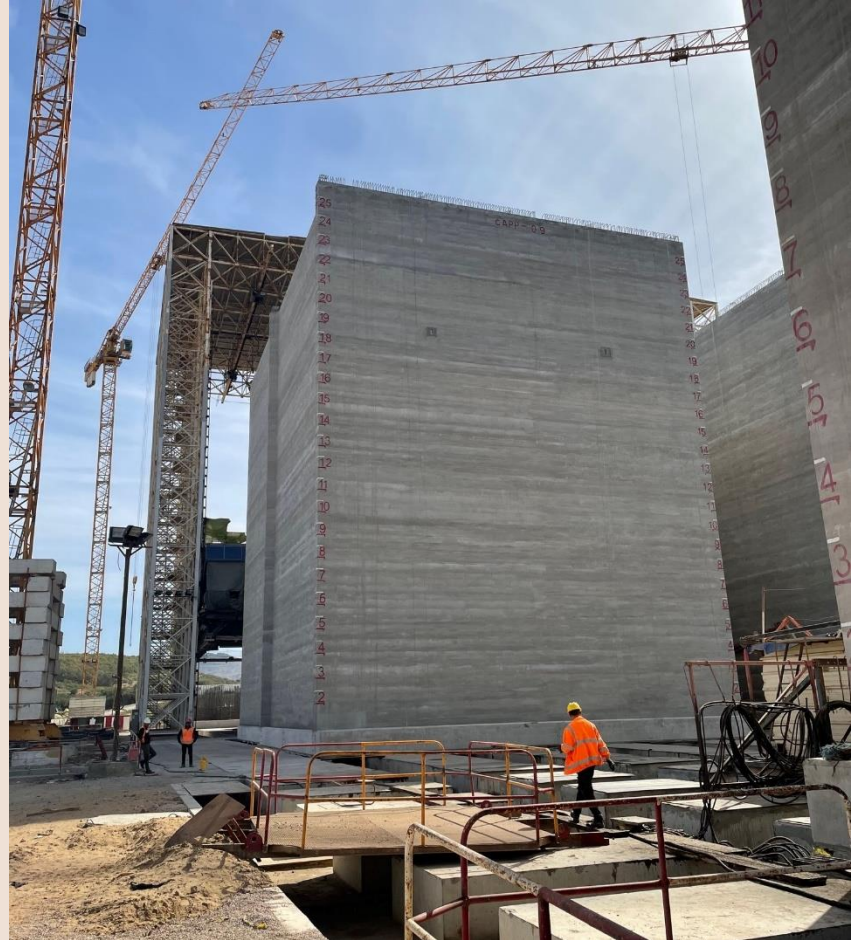
I alt en samlet kapacitet på brintrørsystemet er 46 GW eller 403 TWh, som overstiger eksportpotentiallet mod syd.

Investeringer i brintinfrastruktur 2029-2035

Investeringsselement	CAPEX (DKK)	OPEX (DKK)
Brintrør til havs		
48" Offshore brintledning (18GW) ^{a)} Brintø Syd – (67 km) RWE Equinord	2.3 milliarder	51 millioner
48" Offshore brintledning (18GW) Brintø Syd – AquaDuctus (84 km)	2.9 milliarder	64.3 millioner
Offshore Kompressorstation Brintø Syd – Tyskland	5,5 milliarder	165 millioner
36" Offshore brintledning (10GW) Brintø Syd – Tyskland (325 km) ^{a)}	9.3 milliarder	206.7 millioner
48" Offshore brintledning (18GW) Brintø Syd – Tyskland (325 km) ^{a)}	11.2 milliarder	249 millioner
36" Offshore brintledning (10 GW) Bornholm - Lubmin (162 km)	4.6 milliarder	103 millioner
Offshore Kompressorstation Bornholm – Lubmin	5,5 milliarder	165 millioner
Brintrøer		
Brintø Syd (15 GW elektrolyse)	18,7 milliarder	374 millioner

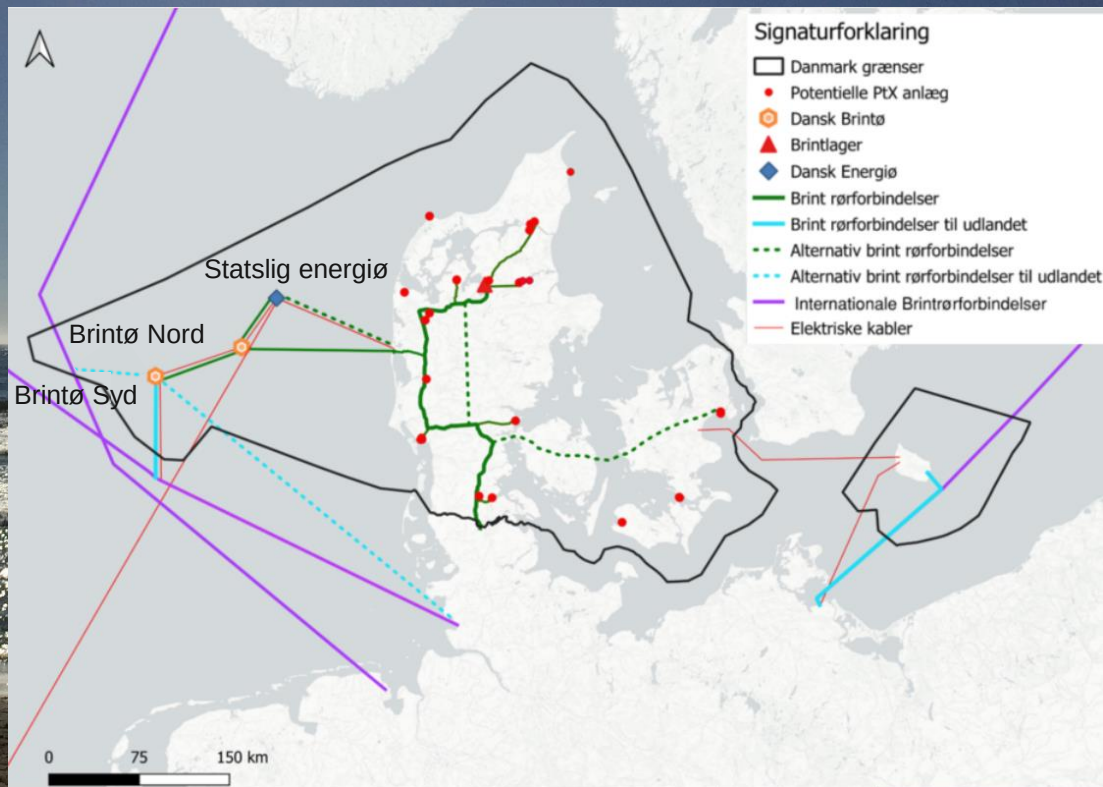
^{a)} Alternativ

Enhedspriser for brintrør baserer sig på Brinkmanns enhedspriser på foranledning af CIP Fonden



2036- 2045

Den tredje fase giver mulighed for at etablere Brintø Nord med brint og el-forbindelse til Brintø Syd samt el-forbindelse til den statslige energiø.



Udbygningen af infrastrukturen

Med etablering af 5GW på den statslige energiø og en Brintø Nord og en spidslast brintproduktion på 15 GW, er der behov for at øge eksportinfrastrukturen yderligere.

1. Det kan gøres gennem en brintforbindelse til Brintø Syd og derfra til Tyskland eller til AquaDuctus-projektet. Dette vil dog kræve, at offshore-forbindelsen mod Tyskland planlægges med en tilstrækkelig kapacitet.
2. Alternativt kan brinten fra Brintø Nord enten føres direkte til Jylland *eller* over den statslige energiø. Denne tilgang kræver, at der er ledig kapacitet i den jyske backbone i forhold til eksport til Tyskland.

Brint- og el-forbindelse mellem de tre øer vil kunne bidrage til at optimere udnyttelsesgraden og øget fleksibilitet af elektrolyseanlæggene og transmissionsforbindelserne.

I grundkonceptet vælger en 48" brint forbindelse til Danmark fra Brintø Nord og en 48" rørforbindelse til Aquaductus og en 48" rørforbindelse for det Jysk backbone

Brinteksportkapacitet i 2045

En opsummering af brinteksportforbindelser ved udgangen af 2045 vil bestå af:

- En 18 GW (158 TWh/år) ved en 48" offshore brintforbindelse fra Brintø Syd mod Tyskland. Enten en direkte forbindelse til det tyske fastland eller en forbindelse til AquaDuctus-projektet.
- En 18 GW (158 TWh/år) en 48" onshore brintforbindelse over den dansk-tyske grænse
- En 10 GW (87 TWh/år) offshore 36" brintforbindelse fra Bornholm til Lubmin (Tyskland).

I alt en samlet kapacitet på brintrørsystemet er 46 GW eller 403 TWh, som overstiger eksportpotentiallet mod syd.

Onshore brintnet Jylland - Sjælland

- Udviklingen på Sjælland og Fyn kan på længere sigt potentielt begrunde en brintforbindelse med en transportkapacitet på op til 1,5 GW til Jylland. Det svarer til Energinets og COWIs analyser og modelberegninger viser.



Investeringer i brint infrastruktur 2036-2045

Investeringsselement	CAPEX (DKK)	OPEX (DKK)
Brintrør til lands		
16" Transmissionsledning (1,5 GW) Midtsjælland (215 km) ^{a)}	6,3 milliarder	189 millioner
48" Transmissionsledning (landfall) Backbone Vestkyst (33 km)	0.8 milliarder	16 millioner
Kompressorstation Backbone Vestkyst	5,5 milliarder	165 millioner
Brintrør til havs		
48" Offshore brintledning (18GW) Brintø Nord - Danmark (128 km)	4,4 milliarder	98.4 millioner
Offshore Kompressorstation Brintø Nord - Danmark	5,5 milliarder	165 millioner
36" Offshore brintledning (10GW) Brintø Syd - Brintø Nord (78 km)	2.2 milliarder	49.6 millioner
Offshore Kompressorstation Brintø Syd - Brintø Nord	5,5 Milliarder	165 millioner
36" Offshore brintledning (10GW) Brintø Nord - Energiø (53 km)	1.5 milliarder	33.7 millioner
36" Offshore brintledning (10GW) Energiø – Danmark (110km) ^{a)}	3.1 milliarder	70 millioner
Brintøer		
Brintø Nord (15 GW elektrolyse)	26,7milliarder	530 millioner

^{a)} Alternativ

Enhedspriser for brintrør baserer sig på Brinkmanns enhedspriser på foranledning af CIP Fonden



BACKUP SLIDES

Investeringselement 2024-2028	CAPEX (MDKK)	OPEX (MDKK)
Brintrør til lands		
Transmissionsledning (18GW)	4.278	95
48" Backbone Vestkyst (186 km)		
Del 1 - Nedre T		
Transmissionsledning (18GW)	4.140	92
48" Backbone Vestkyst (180 km)		
Del 2 – Ll. Torup til Nedre T		
Gaslager lille Torup	5.000	200
Forberedelse af top side		
Brint fordelingsrør til lands		
Fordelingsledninger Gruppe I	1.400	42
Fordelingsledninger Gruppe II	2.500	75
Fordelingsledninger Gruppe III	2.800	84
Injicering kompression	5.500	165
Samlet til fordelingsnet (10 GW)		
Forstærkning af el-net Onshore		
Elforsyning	4.000	40

Investeringselement 2029-2035	CAPEX (MDKK)	OPEX (MDKK)
Brintrør til havs		
48" Offshore brintledning (18GW)		
Brintø Syd – RWE-Equinor (67 km) (Alternativ)		
48" Offshore brintledning (18GW)		
Brintø Syd - AquaDuctus (84 km)	2.898	64
Offshore Kompressorstation		
Brintø Syd- AquaDuctus	5.500	165
36" Offshore brintledning (10GW)		
Brintø Syd – Tyskland (Alternative)		
Brunsbüttel (325 km)		
48" Offshore brintledning (18GW)		
Brintø Syd – Tyskland (Alternative)		
Brunsbüttel (325 km)		
Brintrør til havs		
Offshore brintledning (10 GW)	4.617	103
36" Bornholm - Lubmin (162 km)		
Offshore Kompressorstation	5.500	165
36" Bornholm - Lubmin		
Brintøer		
Brintø Syd (15GW)	18,7	374

SUM MDKK

29.618

793

SUM MDKK

37.215

871

Samlet investering	Mio DKK	Mio. DKK
	140.042	3.231

Investeringselement 2036-2045	CAPEX (MDKK)	OPEX (MDKK)
Brintrør til lands		
Transmissionsledning (1,5 GW)	6.300	189
16" - Midtsjælland (215 km)		
Transmissionsledning (landfall)	759	16
48" Backbone Vestkyst (33 km)		
Kompressorstation (10 GW)	5.500	165
Backbone Vestkyst		
Brintrør til havs		
48" Offshore brintledning (18G	4.416	98
Brintø Nord – Danmark (128 km)		
Offshore Kompressorstation	5.500	165
Brintø Nord – Danmark		
36" Offshore brintledning (10GW)	2.223	49
Brintø Syd – Brintø Nord (78 km)		
Offshore Kompressorstation	5.500	165
36" Brintø Syd – Brintø Nord		
36" Offshore brintledning (10GW)	1.511	33
Brintø Nord – Energiø (53 km)		
36" Offshore brintledning (10GW)		
Energiø – Danmark (110 km)		
Alternative rørforing		
Brintøer		
Brintø Nord (15 GW)	26,7	534
El-Offshore		
El forbindelser imellem brint øer og energjøer og AquaDuctus	14.800	150

SUM MDKK

73.209

1.566

Brint i 100 km rør

Case	P Down	T	Pipeline lenght	Pipe Size	Normal Volume Down	Vægt
	bar	K	m	inch	Nm ³	Kg
1	30	283	100.000	36	1.759.759	158.378
2	30	283	100.000	48	3.118.929	280.704
3 ¹⁾	30	283	100.000	36	1.696.747	152.707
4 ¹⁾	30	283	100.000	48	3.014.011	271.261

¹⁾ Højtryksrør 120 Bar.

Offshore Elektriske kabler

	AFSTAND OFFSHORE (KM)	OMFORMER STATION(KDKK)	PRIS PÅ OFFSHORE KABLER (KDKK)	TOTAL (KDKK)
1 Statelige energiø til Brintø Nord	52	3888900	784485	4.673.437
3 Brintø Nord til Brintø Syd	78	3888900	1176728	5.065.706
4 Brintø Syd to AquaDuctus	84	3888900	1267245	5.156.229
				14.895.372

Kabel kapacitet 3 GW

OFFSHORE VE CAPEX OPEX

41 GW site i Nordsøen Baseret på 15 MW mølle	
CAPEX	OPEX (30 år)
16.227.000.000 DKK x 41 GW <u>665.307.000.000 DKK.)</u>	10.800.000.000 (DKK.) * 41 GW <u>442.800.000.000 (DKK)</u>

6,9 GW site i Bornholm Baseret på 15 MW mølle	
CAPEX	OPEX (30 år)
19.420.000.000 (DKK/GW) x 6,9 GW <u>133.998.000.000 (DKK)</u>	9.712.450.000 (DKK/GW) * 6,9 GW <u>67.015.905.000 (DKK)</u>

30 GW onshore Undefined basis	
CAPEX	OPEX (30 år)
10.370.000.000 (DKK/GW) x 30 GW <u>311.100.000.000 (DKK)</u>	9.750.000.000 (DKK/GW) * 30 GW <u>3.111.100.000 (DKK)</u>

Lineære interpolation baseres på 1 GW forstudier

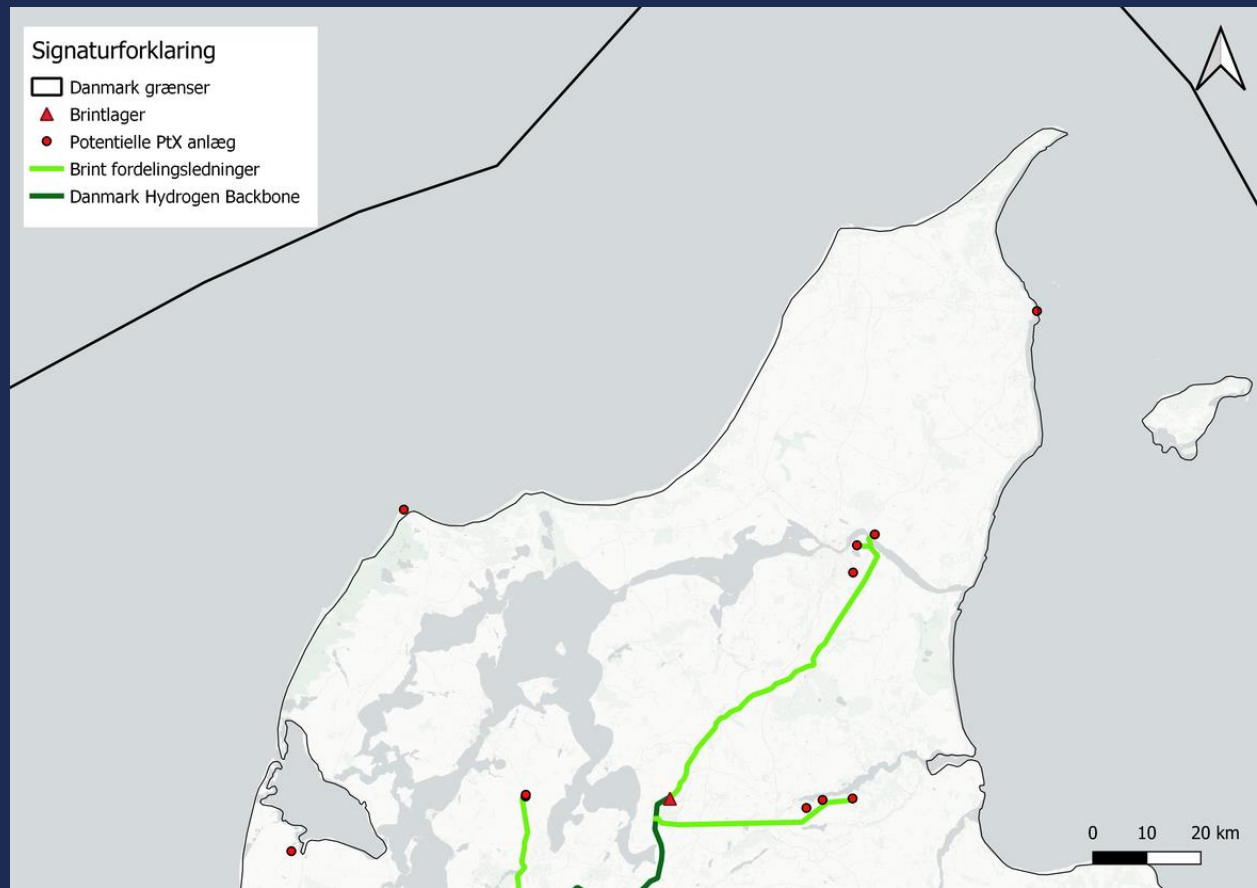
Investeringer i offshore el-infrastruktur 2036-2045

Investeringsselement	CAPEX (DKK)	OPEX (DKK)
Brintrør til lands		
Fra den statslige energiø til Brintø Nord	4,6 milliarder	50 millioner
Fra Brintø Nord til Brintø Syd	5,0 milliarder	50 millioner
Fra Brintø Syd til AquaDuctus	5,2 milliarder	50 millioner

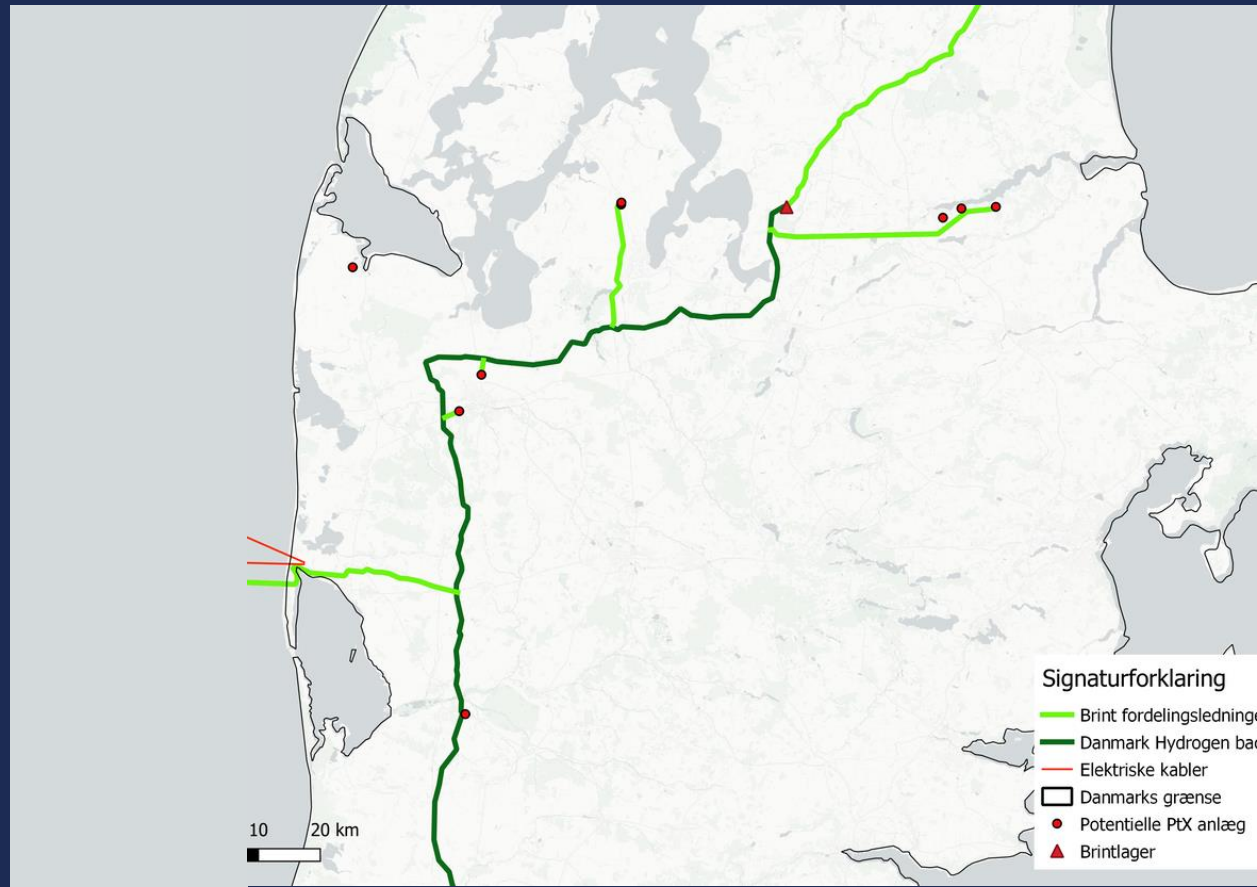
- Der ses bort fra den overordnede onshore forstærkning af 400-KV-netværket, eftersom det er svært at sondre mellem, hvad der skyldes den generelle udbygning af nettet, og hvad der relaterer sig til PtX.
- Omformerstationer på PtX-anlæg antages at være en del af PtX-anlæggene.



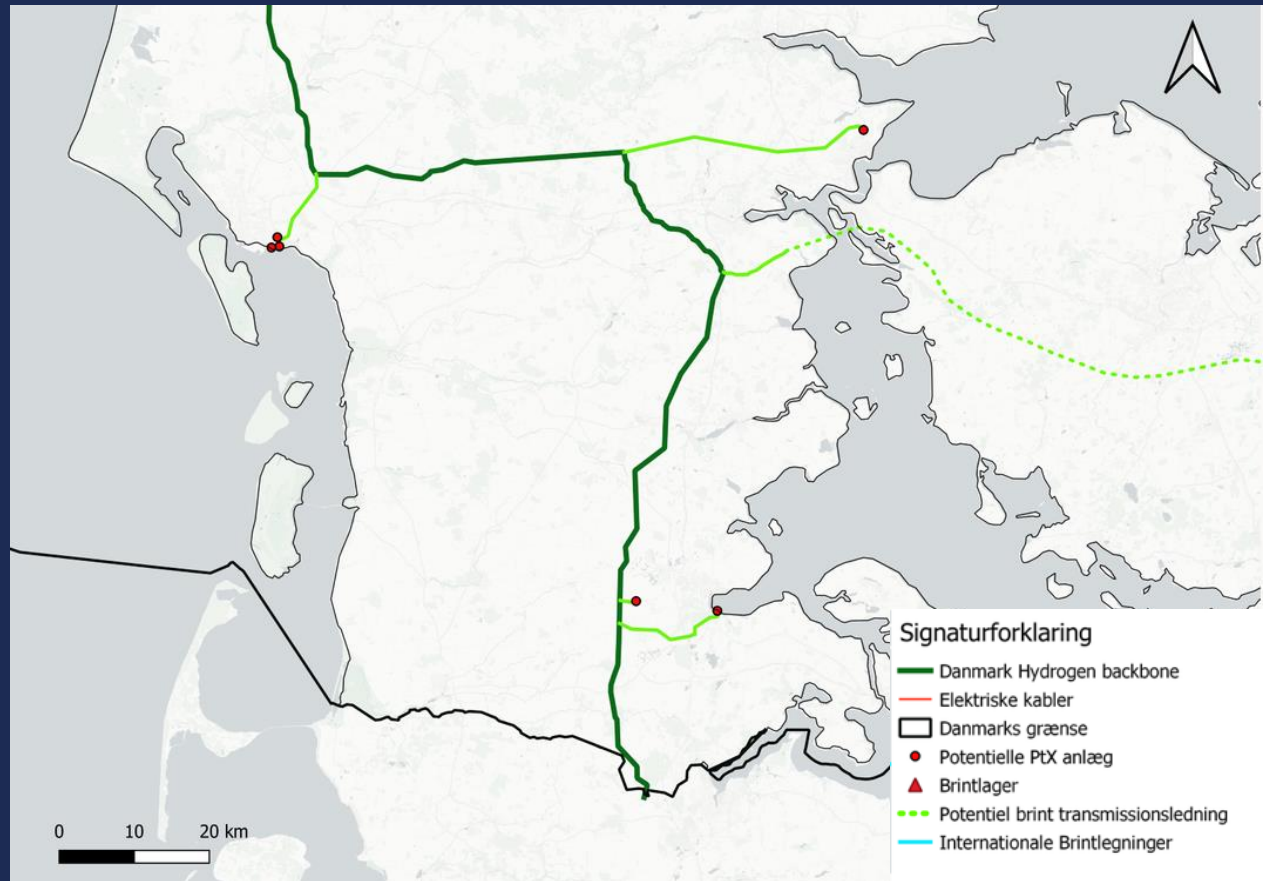
NORDJYLLAND



MIDTJYLLAND



SØNDERJYLLAND



FYN, SJÆLLAND & BORNHOLM

