

RAPPORT

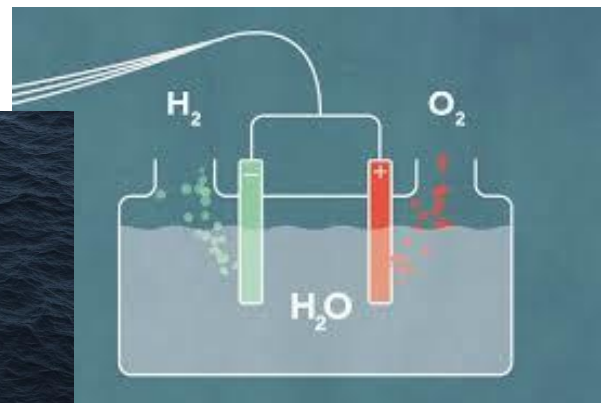
Forfatter
Brynjar Lakså
Mobil
+47 977 32 745
E-post
brynjar.laksa@afconsult.com

Dato
04.02.2020
Oppdragsnr.
18507

Rapportnr.
001 rev.01
Kunde
FosenKraft AS

Trafikknutepunkt Brekstad

Bunkringshavn for utslippsfrie hurtigbåter på Kystekspressens ruter Trondheim–Brekstad og Trondheim-Brekstad–Kristiansund.



RAPPORT

Innhold

Sammendrag	2
1 Innledning	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Delprosjekt og analyser	5
2 Om hurtigbåter	5
2.1 Vurderinger av hurtigbåtkonseptene	8
2.2 Estimert drivstofforbruk for hydrogenrevne hurtigbåter	9
3 Bunkringshavn for hydrogen	11
4 Ørland Hydrogen	14
4.1 Strategiske beslutninger for Ørland Hydrogen prosjektet	15
4.2 Hvorfor produksjonsanlegg og sentrallager på Uthaug ?	16
4.4 Synergieffekter og potensiale for økt næringsvirksomhet	17
4.5 Økonomiske forutsetninger for utviklingen av anlegget	18
5 Konklusjon	20

Sammendrag

AFRY Norge har i samarbeid FosenKraft Energi og Ørland Kommune utført analyser, vurderinger og utviklingsarbeid for et produksjonsanlegg og gass-lager for komprimert hydrogen med infrastruktur for transport og leveranse av gassen til Kystekspresens utslippsfrie hurtigbåter på Brekstad havn.

En av målsetning med arbeidet var å anskueliggjøre Brekstad havn som en naturlig bunkringshavn for hydrogen til de utslippsfrie hurtigbåtene som skal gå Kystekspresens ruter Trondheim-Brekstad og Trondheim-Brekstad-Kristiansund engang etter 2024.

Arbeidet har vist at et hydrogenanlegg bestående av et produksjonsanlegg og lager for komprimert hydrogen gass på Uthaug med leveranse til hurtigbåter på Brekstad havn og leveranse til andre kunder i maritim sektor og havbruks-sektoren på Uthaug havn, kan bli et økonomisk bærekraftig industriprosjekt.

Arbeidet har også vist at dersom kystekspresens hurtigbåter på Trondheim-Brekstad ruta og Trondheim-Brekstad-Kristiansund ruta velges å driftes med komprimert hydrogen, vil det være fornuftig å lage en strategi for bunkring av båten(e) på Brekstad havn på Fosen og Edøy havn på Smøla. Til bunkrings-havnene må det i så tilfelle utvikles tilknyttede produksjonsanlegg og lager for komprimert hydrogen gass med infrastruktur for å supportere leveransene av hydrogen til hurtigbåtene.

RAPPORT

1 Innledning

Rapporten er utarbeidet for å anskueliggjøre Brekstad havn som en naturlig bunkringshavna for hydrogen til drift av hurtigbåter på Kystekspresens to lengste ruter Trondheim-Brekstad og Trondheim-Brekstad-Kristiansund.

1.1 Bakgrunn

Hurtigbåtrutene Trondheim-Vanvikan, Trondheim-Brekstad og Trondheim-Brekstad-Kristiansund drives av Kystekspresen og administreres av Trøndelag Fylkeskommunes driftsselskap for kollektivtrafikk, AtB.

På de tre rutene går det for tiden 4 katamaraner i to ulike størrelser. Båtene er bygget i glassfiberarmert karbon med vannjet fremdriftssystem som er drevet av dieselmotorer. På ruta Trondheim-Vanvikan og Trondheim-Brekstad går det båter som tar 130 passasjer og har en toppfart på vel 32knop, mens det på ruta Trondheim-Brekstad-Kristiansund går båter som tar 275 passasjer og har en toppfart nærmere 40knop. Framdriften av hurtigbåtene genereres av dieseldrevne vannjetssystem som forbruker store mengder diesel og dermed bidrar til betydelige klimagassutslipp.

Analyser av klimagassutslipp fra transportsektoren i 2015, viser at hurtigbåtrafikken er den største utslippssynderen av klimagasser innenfor sjøtransport i Norske farvann. I kystnære fylkeskommuner som har regionalt ansvar for drift av hurtigbåtsamband er det ført heftige diskusjoner om det er mulig å bytte ut dagens dieseldrevne hurtigbåter med utslippsfrie båter for å senke de store klimagassutslippene. Utover i 2017 endte diskusjonene opp i en sterk anmodning til norsk og internasjonal maritim sektor om å satse på utvikling av nye utslippsfrie hurtigbåter for persontrafikk.

I 2018 tok 11 fylkeskommuner i samarbeide med Enova denne saken et steg videre, og utlyste/tildelt fem utviklingskontrakter på utslippsfrie hurtigbåter til fem forskjellige skipsbygging konsortier. Utlysningen ble administrert av Trøndelag Fylkeskommune og oppdraget gikk i praksis ut på at konsortiene skulle demonstrere at det er mulig å utvikle og bygge nullutslipps hurtigbåter innenfor en tidsramme for innfasing av utslippsfrie hurtigbåter i 2024.

I utlysningen ble det hverken definert spesifikke framdrifts-system eller utslippsfrie drivstoff for båtene, men indirekte ble helelektrisk drift og hydrogenbasert drift ansett som de mest relevante løsninger. Utlysningen satte heller ingen betingelser om at konsortiene skulle vurdere landbasert infrastruktur som en del av hurtigbåtkonseptene.

RAPPORT

Representanter for Trøndelag Fylkeskommune ble i ulike fora spurt om hvordan og når landanlegg og drivstoff infrastruktur for å drifte de utslippsfrie hurtigbåtene skal utvikles. Svaret var at landanlegg for bunkring av drivstoff med stor sannsynlighet vil komme raskt på plass når driftsteknologien for de utslippsfrie hurtigbåtene er bestemt. Fylkeskommunen antydte at valg av bunkringshavner vil komme raskt etter at båtteknologien er avklart, og at det med stor sannsynligvis vil være flere interessenter som kan tenke seg å utvikle drivstoff infrastrukturen på de valgte bunkringshavnene.

Flere aktører innen energi- og transportsektoren har stilt spørsmål omkring den valgte strategien for å utvikle bunkringsanlegg for utslippsfrie drivstoff til hurtigbåtene, og det er antydte at risikoen er stor for at utviklingen av infrastrukturen på land for utslippsfrie drivstoff tar betydelig lengre tid enn forventet og føre til betydelige forsinkelser av oppstarten for utslippsfrie hurtigbåter.

En arbeidsgruppe bestående av personell fra AFRY Norge, FosenKraft Energi og Mobilitet AS har i samarbeid med Ørland Kommune jobbet med en analyse av energibruk tilknyttet næringsutvikling og transport på Brekstad og Ørland Kommune. Analysen er administrert av FosenKraft Energi, og inngår i et arbeid rundt utvikling av et helhetlig energisystem i «Trafikknutepunkt Brekstad».

I forbindelse med analysen ble det i arbeidsgruppen også diskutert hva som kreves av kaianlegget for hurtigbåter på Brekstad havn og energiinfrastruktur i kommunen for å greie å levere hydrogen som drivstoff til båtene. Diskusjonen konkluderte med at et lokalt anlegg for produksjon av komprimert hydrogen for levering til hurtigbåtene «kan» være mulig å utvikle fram til 2024-2026, mens et lokalt anlegg for produksjon av flytende hydrogen er helt urealistisk å få til før nærmere 2030. I beste fall kan det utvikles og bygges et bunkringsanlegg for tiltransportert flytende hydrogen på Brekstad havn fram til 2024-2026, men det betyr også at flytende hydrogen må være tilgjengelig på denne tiden, noe som langt fra er avklart.

For arbeidsgruppen innebærer konklusjonen at komprimert hydrogen er det eneste og mest realistiske utslippsfrie drivstoff utenom elektrisk batteridrift på Kystrutens to lengste hurtigbåtruter de neste 10-15årene. I forlengelsen av diskusjonen vurderte arbeidsgruppen også muligheten for at Brekstad blir valgt som bunkringshavn for hydrogen til drift av de to lengste rutene som rimelig stor. Dette fordi Brekstad er det mest sentrale trafikknutepunktet i hurtigbåtsamband både som snuavn for Trondheim-Brekstad ruta og som det mest benyttede anløpsstedet på ruta Trondheim-Brekstad-Kristiansund.

RAPPORT

1.2 Delprosjekt og analyser

I prosjektet «Trafikknutepunkt Brekstad» inngår følgende delaktiviteter:

1. Analyse av transportsituasjonen knyttet opp mot samfunns- og næringsutvikling i kystbyen Brekstad og Ørland kommune.
2. Utvikling av lokal produksjon av hydrogen i Ørland kommune med tanke på leveranser av komprimert hydrogen til hurtigbåter i Brekstad havn.
3. Innledende sikkerhets- og risikoanalyse av produksjonsanlegg for hydrogen og hydrogenlager på Uthaug med infrastruktur for distribusjon av hydrogen til Brekstad havn og Uthaug havn.

Aktivitet 1 er ferdigstilt og rapportert i delrapport, «TRAFIKKNUTEPUNKT BREKSTAD Utvikling av nytt kollektivtilbud og etablering av kollektivterminal på Brekstad». Delrapporten er utarbeidet av Mobilitet AS og gir en status på dagens trafikksituasjon på Brekstad og i Ørland kommune, samt analyser/ vurderinger av den framtidige trafikksituasjon både på land og til sjøs.

Aktivitet 2 rapporteres delvis i denne rapporten og delvis i en presentasjon av utviklingsplanen for Ørland Hydrogen. I rapporten beskrives forhold som har betydning for valg av Brekstad havn til bunkringshavn for komprimert hydrogen til hurtigbåtene. I rapporten gjennomgås også forutsetninger som er lagt til grunn for utvikling av et produksjonsanlegg og lager for komprimert hydrogen på Uthaug med infrastruktur for distribusjon av hydrogen til Brekstad havn og Uthaug havn.

Aktivitet 3 pågår fortsatt og er planlagt rapportert i slutten av mars 2020. Arbeidet utføres av Safetec Nordic i samarbeid med personell fra AFRY og Ørland kommune. Aktiviteten er delvis finansiert av Klimasatsmidler og er direkte administrert av Ørland kommune.

2 Om hurtigbåter

Hurtigbåter er et viktig redskap for rask og effektiv persontransport mellom byer og tettsteder i norske kyst- og fjordstrøk. Fra de første hurtigbåtene ble satt i drift tidlig på 1960 tallet fram til i dag, er det opprettet en rekke hurtigbåtsamband som dekker ulike transportbehov med tanke på rutelengde, antall personer som transporteres og rutefrekvens.

Den vanligste definisjonen av hurtigbåter er at de er fartøy med skrog bygd av lette materialer som operere på eller over vann for å transportere passasjer med hastigheter over 20 knop. Dagens hurtigbåter er ofte utstyrt med spesialkonstruerte fremdriftsmidler med høy motoreffekt, og har en skrogform

RAPPORT

som gjør at den lettere greier å operere med større fart enn konvensjonelle skip/båter av samme størrelse.

De første hurtigbåtene som ble tatt i bruk i Norge var hydrofoilbåter bygget i Italia for transport av 100 passasjerer med en driftshastighet på vel 36knop. Framdriften på båtene ble generert av faste propeller drevet av to parallelle dieselmotorer med samlet motoreffekt på vel 4000kW. Hydrofoilbåtene brukte store mengder diesel og var driftsmessig upålitelig. De taklet spesielt dårlig sammenstøt med fjordis, drivtømmer og andre objekter på havoverflaten.



Figur 1: Ving-Tor hydrofoilbåt på Flaggruten 1961

På 1970 tallet ble de første hurtigbåtene med fast skrog tatt i bruk. Sommeren 1971 ble verdens første passasjerførende katamaran levert av Westermoen Hydrofoils fra et verft i Mandal. Båtene fikk navnet «Westamaran» og ble tatt i bruk på en rekke hurtigbåtsamband. Båtene var svært pålitelige og mye mer driftsøkonomisk enn hydrofoilbåtene, men marsjfart var kun på 26 knop. Framdriften ble generert av faste propeller drevet av to dieselmotorer med samlet motoreffekt på ca. 1720 kW. Fram til 1980 ble det bygget 33 Westamaraner som ble tatt i bruk på norske hurtigbåtsamband. Båtene ble bygget i 4 ulike størrelser hvorav de minste hadde plass til 80-100 passasjerer og de største 220 passasjerer.

RAPPORT



Figur 2: MS Sunndhordaland, Westamaraan W95 fra 1977

Utover 1990 tallet ble det et økende behov for høyere hastighet i mange hurtigbåtsamband, og flere norske verft utviklet i denne perioden nye hurtigbåttyper. De nye båtene var bygget lettere og slankere med blant annet vannskjærende baug på begge skrog for å senke vannmotstand og minimere bølgeinduserte vibrasjoner. På mange av båtene ble også vannjet tatt i bruk som framdrifts-system i stedet for faste propeller. De raskeste båtene fra denne tiden hadde driftshastighet opp mot 38 knop.



Figur 3: MS Jektøy i 2017

På mange ruter førte den økte hastigheten sammens med økt komfort ombord på båtene til en betydelig vekst i passasjerantallet. I dag brukes det tusenvis

RAPPORT

av hurtigbåter verden rundt, og høyhastighets transport til sjøs brukes ofte som et sentrum til sentrum transportalternativ til flytrafikk mellom byer og tettsteder innenfor samme region.

2.1 Vurderinger av hurtigbåtkonseptene

Gjennomgående for alle konseptene er at den korteste ruten i sambandet, Trondheim-Vanvikan foreslås drevet med mindre batterielektriske båter. Forslaget er fornuftig og batterielektrisk drift vil i framtiden sannsynligvis bli standard på alle kortere hurtigbåtruter.

På mellomlange og lange ruter vil fire av konsortiene ta i bruk hydrogen som drivstoff mens ett konsortium vil bruke en batterielektrisk løsning hvor batterier lades på land og byttes i havner underveis. Blant de fire konsortiene som vil ta i bruk hydrogen som drivstoff på lengre ruter, er det noen som ser for seg å bruke komprimert hydrogen og noen som ser for seg å bruke flytende hydrogen.

Et interessant poeng er at alle konsortiene jobber med å forbedre skrogdesign på båtene for å senke vannmotstanden og spare drivstoff. Ett lite paradoks må det vel kunne sies å være at flere av konsortiene vurderer hydrofoilløsninger for å senke vannmotstanden. Hydrofoilløsninger ble som kjent byttet ut med fastskrog hurtigbåter tidlig på 1970 tallet fordi hydrofoilløsninger ble vurdert som driftsmessig problematisk i norske farvann.



Figur 4: Selfa - Nordled hydrofoil



Figur 5: Flying Foil - Brødrene AA hydrofoil

Den største forskjellen på de nye hydrofoilløsningene i forhold til hydrofoilløsningene som ble brukt på 1960 tallet er primært framdriftssystemene. På de nye hydrofoilløsningene vurderes det å bruke vannjet systemer med vanninntak ved foten av pidestallene til foilene, eller alternativt elektrisk drevne propellror

RAPPORT

(podder) montert på undervannsfoilene på båtene. Av disse løsningen tror arbeidsgruppen mest på propellror som kan vise seg å være en enkel og energiøkonomiske løsningen, siden vannjet systemene vil få et større friksjonstap som følge av at mye vann skal transporteres i rør opp fra vannjet innsuget til vannavkastet i friluft.

2.2 Estimert drivstofforbruk for hydrogenrevne hurtigbåter

Ved detaljerte strømningsanalyser og energiberegninger er det mulig å beregne hydrogenforbruket rimelig nøyaktig for en gitt båt under konstante driftsforhold. Men variable driftsforhold som vekt av passasjerer og gods, båtenes hastighet, vannmotstand, vindmotstand, bølgefôrhold mm medfører at drivstofforbruket vil variere.

Faktoren som påvirker drivstofforbruket aller mest er vannmotstanden mot skroget, derfor har alle hurtigbåtkonsortiene jobbet mye med skrogdesign for å senke motstanden. Etter eget utsagn har flere av konsortiene greid å senke vannmotstanden opp mot 30% i forhold dagens hurtigbåter.

For å bestemme produksjonsvolum og nødvendig lagerkapasitet for et bunkringsanlegg for hydrogen på Brekstad har det vært nødvendig å anvende noen generelle antakelser omkring kraftforbruket til framdrift av hurtigbåtene. Framdrifts-systemene på hydrogenrevne hurtigbåter drives av elektromotorer som får strøm fra brenselceller som omdanner hydrogen elektrokjemisk til elektrisitet.

Første antakelse er at det i framtiden også skal benytte to ulike båttyper på rutene Trondheim-Brekstad og Trondheim-Brekstad-Kristiansund, og at de nye utslippsfrie hurtigbåtene størrelsesmessig blir noenlunde lik dagens båter av størrelse.

På ruten Trondheim-Brekstad brukes det i dag en 25m lang katamaran på 176 BMT med plass til 130 passasjerer. Båten har en motorkraft på 1069kW som gir en marsjfart på 33 knop.

På ruten Trondheim-Brekstad-Kristiansund brukes det i dag en 41m lang katamaran på 490 BRT med plass til 275 passasjerer. Båten har en motorkraft på 2884kW som gir en marsjfart på 34 knop.

Hydrogenforbruket på de nye utslippsfrie hurtigbåter er estimert med basis i et nedjustert energiforbruk på 20% i forhold til dagens båter som følge av forbedret vannmotstand mot skroget på de nye båtene.

Med en midlere virkningsgrad på ca. 50% for vannjet framdrifts-systemene på dagens hurtigbåter, er det estimert et gjennomsnittlige hydrogenforbruk for

RAPPORT

hver tur på ruten Trondheim-Brekstad på **55kg/time**, og et gjennomsnittlige hydrogenforbruket for hver tur på ruten Trondheim-Brekstad-Kristiansund på **116kg/time**.

I Tabell 1 nedenfor vises stipulerte driftstider mellom noen av anløpsstedene for hurtigbåtene ihht dagens ruteplan for sambandet, mens det i Tabell 2 vises estimerte hydrogenforbruk per båt mellom de samme anløpsstedene på begge rutene i sambandet. For Brekstad er det markert to anløp, hvor (1) er hurtigbåten som går på Trondheim-Brekstad ruta og har Brekstad som snuhavn, mens (2) er hurtigbåten som går på Trondheim-Brekstad-Kristiansund ruta og anløper Brekstad.

Driftstider	Trondheim	Brekstad (1)	Brekstad (2)	Edøy	Kristiansund
Trondheim	-	50 min	50 min	155 min	210 min
Brekstad (1)	50 min	-	-	-	-
Brekstad (2)	50 min	-	-	105 min	160 min
Edøy	155 min	-	105 min	-	55 min
Kristiansund	210 min	-	160 min	55 min	-

Tabell 1: Driftstider mellom anløpssteder i minutter

Estimert hydrogenforbruk	Trondheim	Brekstad (1)	Brekstad (2)	Edøy	Kristiansund
Trondheim	-	46 kg	97 kg	300 kg	406 kg
Brekstad (1)	46 kg	-	-	-	-
Brekstad (2)	97 kg	-	-	203 kg	309 kg
Edøy	300 kg	-	203 kg	-	106 kg
Kristiansund	406 kg	-	309 kg	106 kg	-

Tabell 2: Estimert hydrogenforbruk mellom anløpssteder

På dagens samband går det 5 daglige turer begge veier på ruta Trondheim-Brekstad og 3 daglige turer begge veier på ruta Trondheim-Brekstad-Kristiansund. Estimert daglig hydrogenforbruket for begge ruter hver for seg og samlet er vist i Tabell 3 nedenfor.

Trondheim-Brekstad	Trondheim-Brekstad-Kristiansund	Samlet for begge ruter
920 kg	2436 kg	3356 kg

Tabell 3: Estimert daglig hydrogenforbruk for hurtigbåter på rutene Trondheim-Brekstad og Trondheim-Brekstad-Kristiansund.

RAPPORT

3 Bunkringshavn for hydrogen

Brekstad fungerer i dag som et sentralt trafikknutepunkt for ytre Fosen med fergesamband mellom Brekstad og Valset, havn for hurtigbåter, sentral for busser på Fosen, regional taxisentral og terminal for sivil flytrafikk for Ørland flyplass.



Figur 6: Brekstad havn og hurtigbåt terminal 2017

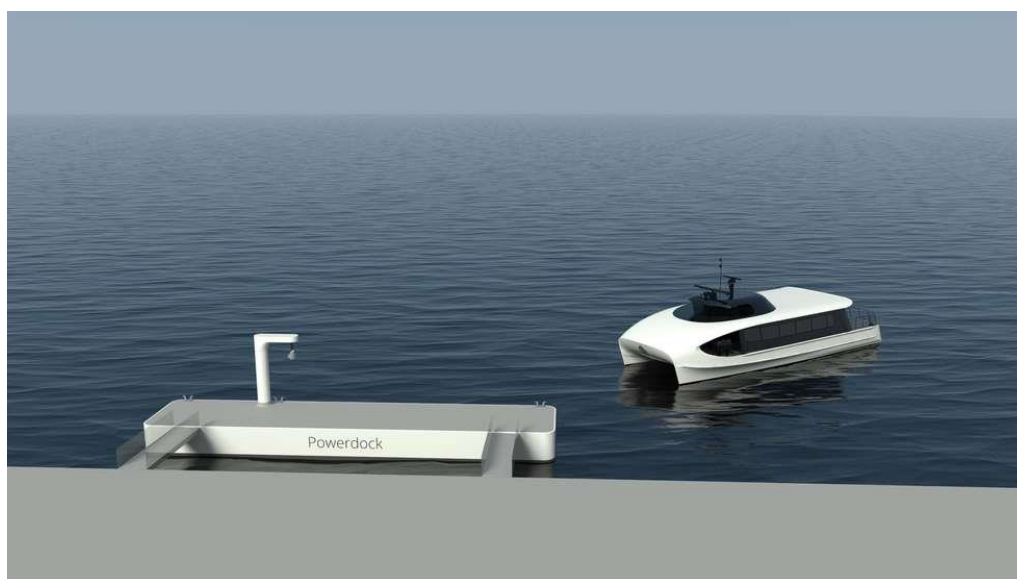
Basert på passasjertallet, er Brekstad det suverent viktigste anløpssted og trafikknutepunkt på Kystekspresens to lengste hurtigbåtruter Trondheim-Brekstad og Trondheim-Brekstad-Kristiansund. Siden det også forventes en økning av passasjertallet over Brekstad havn som følge av økt pendlervirksomhet knyttet opp mot driften av Ørland Hovedflystasjon, var det naturlig for Ørland kommune å involvere seg i arbeidet som er satt i gang av FosenKraft Energi og AFRY med å utvikle Brekstad havn til et sentralt servicesenter og bunkringshavn for hydrogen som drivstoff til Kystrutens hurtigbåter .

Under arbeidet med Brekstad som trafikknutepunkt er det utført en grundig analyse av trafikkmønsteret på trafikknutepunktet for å estimere transportmengder med tilhørende energibruk i transportsektoren. Analysen har vist at det er naturlig å se utbyggingen av et servicesenter og bunkringshavn for hydrogen til hurtigbåtene i sammenheng med utviklingen av et mer helhetlig energisystem for byen som inkludere energi- og drivstoffløsninger for alle transportformer, som fergetrafikken, busstrafikken, tungtransport, taxi-næringen og sivil flytrafikk.

RAPPORT

Hvordan bunkringshavna for hydrogen til hurtigbåtene skal utformes er per dato ikke avklart fordi dette vil avhenge av hvilke krav som blir stilt til risiko og sikkerhet rundt selve fyllprosessen. Vi vet for eksempel ikke om det blir tillatt å fylle hydrogen på hurtigbåtene ved dagens kaianlegg med passasjerer om bord i båtene, eller om det blir krav om at fyllprosessen må utføres ved et eget avskjermet kaianlegg.

Uansett må det utvikles en dispenserløsning for fylling av komprimert hydrogen på gasstankene om bord i hurtigbåtene ved en eller annen kai på havneområdet. Fylledispenseren skal være koblet til et lokalt distribusjonslager som må være stort nok til å sikre forsyningen av hydrogen til drift av hurtigbåtene en viss tid dersom det skjer uforutsette problemer med hydrogenproduksjonen, som strømbrydd på produksjonsanlegget eller i regionen. Distribusjonslageret trenger ikke å ligge på selve havneområdet fordi hydrogengass vil bli transporter i rør fra lageret til fylledispenseren, og det nye industriområdet ved siden av havna peker seg derfor ut som en naturlig plassering for et slikt distribusjonslager.



Figur 7: Illustrasjon av fylledispenser for hydrogen på hurtigbåter

Hurtigbåtkonsortiene som satser på å bruke komprimert hydrogen som drivstoff på de to lengste rutene, signalisere at de vil operere med driftstrykk på hydrogentankene på 350bara. For å kunne fylle komprimert hydrogen med dette tanktrykket på hurtigbåtene innenfor en rimelig tid, har arbeidsgruppen for Ørland Hydrogen vurdert et minimum gasstrykk på distribusjonslageret til å være 400bara.

RAPPORT

For lokal hydrogenproduksjonen ved elektrolyse hvor hydrogengassen blir transporter fra produksjonsstedet til distribusjonslageret i en rørledning, vil det på grunn av strømnings tap i transportrøret være fornuftig å komprimere hydrogengassen på produksjonsstedet til et betydelig høyere trykk enn det dimensjonerende gasstrykket på distribusjonslageret før gassen sendes avgårde i transportrøret. Strømnings tapet i transportrøret øker med økende rørlengde, men kan stabiliseres eller synke dersom gasstrykket i røret økes. Dette skyldes at strømnings tapet er proporsjonalt med kvadratet av hastigheten på gassen i røret, som vil synke når gassens tetthet øker med økende trykk.

Ellers vil resultatene av den pågående risiko- og sikkerhetsanalysen bli viktig for hvordan bunkringshavna skal utvikles. Analysen har som mål å definere sikkerhetsavstander og krav til teknisk utstyr som skal brukes i utviklingen av fylledispenseren for hydrogen på hurtigbåtene. Resultatene i analysen kan også føre til at det må lages egne fyllingsprosedyrer, som til eksempel at passasjerene må gå av båtene under fyllingen eller at båten må bunkre ved egne avlukkede kaianlegg.

RAPPORT

4 Ørland Hydrogen

I utviklingsdelen av prosjektet har arbeidsgruppen jobbet med en tidligfase planlegging og analyser som skal danne grunnlaget for design, prosjektering, bygging og drift av et elektrolysebasert produksjonsanlegg av hydrogen med et sentralt lager av hydrogen og oksygen på Uthaug området.



Figur 8: Planskisse for Ørland Hydrogen anlegg

Produsert hydrogengassen skal komprimeres til 450bara på produksjonsanlegget og lagres på et sentrallager. Biproduktet oksygen komprimeres til 20bara og lagres på separate tanker ved siden av hydrogen på sentrallageret.

Fra sentrallageret skal hydrogen transporteres i rørledninger til distribusjonssteder for hydrogen på Ørland HF, Brekstad sentrum, Brekstad havn og Uthaug havn. Fram til Uthaug havn skal det i tillegg legges et separat rør for transport av oksygen for distribusjon av oksygen til havbruksformål.

RAPPORT

4.1 Strategiske beslutninger for Ørland Hydrogen prosjektet

Tidlig i utviklingsaktiviteten ble det med basis i utførte analyser og forretningsmessige vurderinger tatt flere strategiske beslutninger omkring utviklingen av Ørland Hydrogen prosjektet.

De 10 viktigste beslutningene for utviklingen av anlegget er som følger:

1. Produksjonsanlegg og sentrallager for hydrogen og oksygen skal bygges i rød støysone på Uthaug.
2. Hydrogen og oksygen skal produseres ved elektrolyse av vann ved bruk av 22kV nettstrøm. Kapasiteten på elektrisk kraft på Uthaug blir meget god og tilstrekkelig for å produsere store mengder komprimert hydrogen siden det etter ønske fra Grøntvedt Pelagic AS blir lagt en ny 22kV kabel til Uthaug.
3. Produksjonen av hydrogen skal tilpasses tariffvariasjoner som følger av inn- og utfasing av vindkraftproduksjonen på Fosen.
4. Anlegget skal utvikles etter en to-trinns strategi med tanke på lager og distribusjonsform av hydrogen.
 - I. I første byggetrinn skal det utvikles og bygges et anlegg for produksjon, lager og infrastruktur for distribusjon av komprimert hydrogen gass.
 - II. I andre byggetrinn skal anlegget utvides til også å produsere flytende hydrogen.
5. Komprimert hydrogen og oksygen skal transporteres i rørledninger fram til leveringsstedene.
6. Transportrørledninger skal dimensjoneres, seksjoneres og instrumenteres som operative gasslager.
7. Dimensjonerende prosesstrykk for komprimert hydrogen gass er «innledningsvis» satt til 450bara.
8. Anlegget skal prosjekteres med krav til risikohåndtering, sikkerhetssoner og sikkerhet i prosessdesign etter norsk offshore standard (Norsok S-001, S-002, Z-015, P-001, mm.)
9. Krav til sikkerhet beskrevet i storulykkes normen skal vurderes fra første kilo lagret hydrogen.
10. Lokalbefolkning skal informeres om risikobildet og tas med på råd om valg av mulige risikodempende tiltak i prosjekterings- og byggefasen.

RAPPORT

4.2 Hvorfor produksjonsanlegg og sentrallager på Uthaug ?

Før arbeidsgruppen kom til konklusjonen om at Uthaug var den beste plassen for å bygge et produksjonsanlegg og sentrallager for hydrogen, ble en rekke alternative plasseringer inngående vurdert.

Havneområdet på Brekstad var førstevalget, men både dette området og det nye industriområdet ved siden av havna ble forkastet pga overordnede krav til sikkerhetsavstander fordi anleggene kom for nær boligområder.

Det ble også vurdert et par delte løsning med produksjonsanlegg av hydrogen på industriområdet på Valsneset og lager enten på Brekstad eller på Uthaug. For alternativet med lager på Brekstad skulle hydrogen transporteres med tankbil mellom produksjonssted og distribusjonslager på Brekstad, mens det for alternativet med lager på Uthaug ble vurdert transportrørledning på sjøbunnen mellom Valsneset og Uthaug. Begge løsningen ble forkastet på grunn av at transporten av hydrogen fra produksjonsanlegget til bunkringsanlegget for hurtigbåtene på Brekstad havn påførte store driftskostnader.

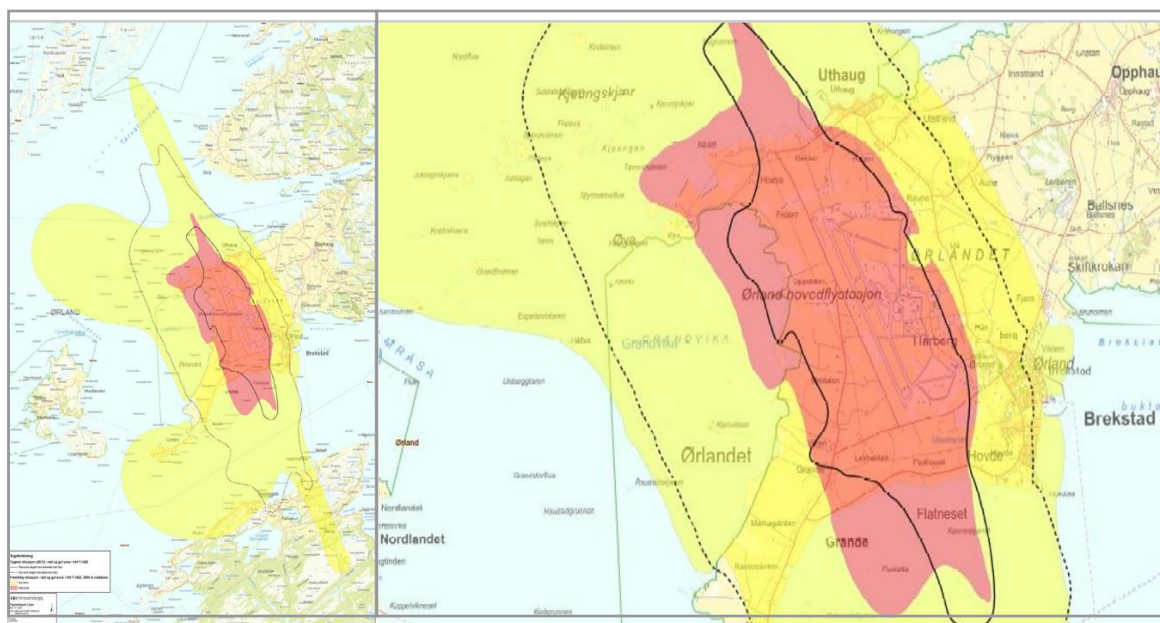
Følgende vurderinger ble avgjørende for at arbeidsgruppen besluttet å gå for å utvikle produksjonsanlegget og et sentrallager på Uthaug:

1. Deler av Uthaug området fraflyttes og betydelig areal vil bli tilgjengeliggjort for industrielle formål som følge av at området havner i rød støysone for flyaktiviteten på ØHF.
2. Innenfor rød støysone rundt ØHF vil det bli lite allmenn ferdsel og området vil derfor egne seg godt for industrielle aktiviteter som er underlagt strenge krav til sikkerhet.
3. Gunstig med produksjonsanlegg og lager tett inntil hverandre for å minimere strømningstap, og på Uthaug vil det bli tilgjengelig areal for begge anlegg.
4. Det vil bli god tilgang på elektrisk kraft i området fordi det skal legges en 22kV høyspentkabel med høy kapasitet til området. (Grøntvedt Pelagic AS skal bygge en ny forfabrikk/proteinfabrikk på Uthaug for havbruksnæringen som har behov for betydelige mengder elektrisk kraft og termisk energi)
5. Stort potensiale for å utnytte spillvarme fra en eventuell hydrogenfabrikk på Uthaug i Grøntvedt Pelagic AS sine fabrikk-anlegg på området.
6. Et stort hydrogenlager (> 5000kg) vil legge beslag på et stort areal som følge av krav i storulykkes normen til sikkerhetssone

RAPPORT

rundt et slikt anlegg.

7. Uthaug havn har stort potensiale for å utvikles til ei sentral forsyningshavn med dypvannskai for leveranse/ bunkring av hydrogen i maritim sektor og for leveranse av oksygen til havbruksnæringa.



Figur 9: Støykart som viser rød støysone rundt Ørland Hovedflystasjon

4.3 Synergieffekter og potensiale for økt næringsvirksomhet

En utbygging av et produksjonsanlegg og sentrallager for hydrogen og oksygen på Uthaug vil kunne gi næringsmessige synergieffekter og potensiale for økt næringsvirksomhet på Uthaug og i Ørland kommune.

Følgende punkter viser mulige synergieffekter ved en utbygging av hydrogenproduksjon og lager på Uthaug:

1. Spillvarme fra hydrogenproduksjonen blir tilgjengeliggjort for andre næringsformål. Spillvarmen har en temperatur som gjør at den egner seg spesielt godt som industriell prosessvarme eller som varmetilskudd for drivhusproduksjon, smoltproduksjon og/eller landbasert fiskeoppdrett mm.
2. Spillvarmen egner seg også godt som prosessvarme i for-

RAPPORT

- fabrikken/proteinfabrikken som Grøntvedt Pelagic vurderer å bygge på Uthaug.
3. Leveranse av hydrogen og oksygen på Uthaug havn kan være et godt insitament for å utvikle dagens fiskerihavn til ei sentral dypvanns forsyningshavn for maritim sektor og oppdretts- og havbruksnæringen.
 4. Ei forsyningshavn på Uthaug vil også øke potensialet for å utvikle –
 - a. Servicenæringer innen maritim sektor og oppdrett/havbruk.
 - b. Ny maritim næringsvirksomhet i havneområdet, kommunen og regionen.
 5. Tilgang på komprimert hydrogen på Brekstad for landtransport og andre industrielle formål vil bygge opp under Brekstad som et trafikkknutepunkt som satser på bruk av fornybare drivstoff.
 6. Tilgang på komprimert hydrogen på Brekstad øker potensialet for å videreutvikle lokal transport og samferdsel, og gi byen, kommunen og regionen en svært positiv klima og miljøprofil.

4.4 Økonomiske forutsetninger for utviklingen av anlegget

Innledende kalkyler og erfaringer fra andre nylig utviklede produksjonsanlegg for komprimert hydrogen fra nettstrøm, viser at det er realistisk å utvikle og bygge et bærekraftig produksjonsanlegg som kan levere 350bars komprimert hydrogen til en pris på ca. **45-50** kr/kg selv med tillegg i produksjonskostnadene for nettleie av kraft til produksjonen.

Kalkylene viser også at «Break Even» for lønnsomhet på et kompakt bygget produksjons- og lageranlegg, krever en minimum produksjonsmengde på ca. **1000-1200** kg/dag.

For å rettferdiggjøre investeringer i tyngre infrastruktur til transport, lagring og distribusjon av komprimert hydrogen tilsvarende det som planlegges i Ørland Hydrogen prosjektet, må produksjonsmengdene sannsynligvis økes godt opp mot **2000** kg/dag for å skape lønnsomhet med den refererte prisen.

Når det gjelder investeringskostnadene for Ørland Hydrogen anlegget, finnes det referanse data som kan benyttes som input i kalkyler for produksjons-

RAPPORT

anlegget og sentrallageret. Investeringskostnader for infrastruktur til transport av gassen og fylleanlegget til hurtigbåtene vil komme som et tillegg i CAPEX for hele hydrogenanlegget som er uavhengig av produksjonsmengden. Disse kostnadene må kalkuleres separat som for en «One of a Kind» del av anlegget.

Basert på informasjon fra relevante leverandører av utstyr til produksjonsanlegget, tenderer investeringskostnaden for produksjonsanlegget og sentrallageret å skalerer med ca. 30 MNOK for hvert tonn økt produksjonsmengde med hydrogen over 2000 - 2500kg.

Produksjonsmengder (kg)	Stipulerte investeringskostnader for produksjonsanlegg og sentrallager (MNOK)	CAPEX for hele hydrogenanlegget (MNOK)
1000	90	90 + Inf.
2000	120	120 + Inf.
3000	150	150 + Inf.
4000	180	180 + Inf.
5000	210	210 + Inf.

Tabell 4: Stipulerte investeringskostnader for produksjonsanlegg og sentrallager / CAPEX for hele hydrogenanlegget inkl. infrastruktur for transport og distribusjon.

RAPPORT

5 Konklusjon

AFRY Norge har i samarbeid med FosenKraft Energi sett på muligheten for å utvikle og bygge et produksjonsanlegg, gasslager, transportinfrastruktur og fyllestasjon for komprimert hydrogengass til utslippsfrie hurtigbåter på Brekstad Havn.

Hydrogengassen som planlegges levert på Brekstad Havn skal produseres lokalt ved elektrolyse av vann basert på nettstrøm som fortrinnsvis er produsert som fornybar vindkraft ved vindparker på Fosen. Hydrogenproduksjonen ved Ørland Hydrogen anlegget skal forsøksvis opptre som et balanserende element i det regionale kraftnettet gjennom å styre produksjonen av hydrogen til å maksimalt utnytte innelukket vindkraft som verken er ønskelig eller mulig å fase inn på det sentrale kraftnettet.

Hydrogenet som produseres skal leveres til en pris som tilsier at den blir et reelt bærekraftig utslippsfritt drivstoff på nye hurtigbåter som skal settes i drift på Kystekspresens to lengste ruter Trondheim-Brekstad og Trondheim-Brekstad-Kristiansund engang etter 2024.

Brekstad havn har mange fordeler som bunkringshavn av hydrogen for framdrift av framtidens utslippsfrie hurtigbåter både på Trondheim-Brekstad ruta og Trondheim-Brekstad-Kristiansund ruta.

Når det gjelder hurtigbåtruta Trondheim-Brekstad, er Brekstad havn både snuavn og havn for nattligge for båten(e) på ruta. Så dersom båten(e) velges å drives med komprimert hydrogen, er Brekstad havn den absolutt mest fordelaktige bunkringshavna for båten(e). For å dekke hydrogenbehovet på Trondheim-Brekstad ruta alene, må bunkringsanlegget på Brekstad havn ha en bakenforliggende produksjonskapasitet for hydrogen på minst 1 tonn per dag.

Beslattes det i tillegg at ruta Trondheim-Brekstad-Kristiansund skal drives med komprimert hydrogen, vil det selvsagt være naturlig å bruke Brekstad havn som bunkringshavn også for denne båten(e) minst en gang per rundtur. For det planlagte produksjonsanlegget for hydrogen på Ørland vil en slik løsning føre til en betydelig økt produksjonsmengde og dermed en forbedret driftsøkonomi for produksjonsanlegget.

Basert på det estimerte hydrogenforbruket på vel 800 kg for hver rundtur på Trondheim-Brekstad-Kristiansund ruta, kan man se for seg at båten(e) enten bunkres fra ett anlegg med bakenforliggende produksjonskapasitet på rundt 4 tonn hydrogen per dag, eller alternativt at båten(e) bunkres fra to anlegg på

RAPPORT

ruta med bakenforliggende produksjonskapasitet på mellom 2 og 3 tonn hver per dag.

For å sikre forsyningen av hydrogen på denne ruta, vurdere arbeidsgruppa som jobber med Ørland Hydrogen at det kan være gunstig å ha to bunkringsanlegg for hydrogen på ruta, og da peker Edøy havn på Smøla seg ut som en naturlig plassering for et bunkringsanlegg nummer to i tillegg til Brekstad havn.

Båten(e) som går på Trondheim-Brekstad-Kristiansund ruta anløper Brekstad havn etter ca. 1/4 av den totale driftstida på ruta etter start fra Trondheim og tilsvarende etter ca. 3/4 av driftstida ved start fra Kristiansund.

Siden Edøy havn tidsmessig ligger omlag 1/4 av den totale driftstiden på ruta fra Kristiansund og tilsvarende omlag 3/4 av den totale driftstida på ruta med start fra Trondheim, blir driftstiden mellom Edøy havn og Brekstad havn ca. lik halvparten av den totale driftstiden for ruta. De to bunkringsanleggene vil således utfylle hverandre perfekt ved å fylle like mengder hydrogen på båten(e) en gang for hver rundtur.

Konklusjonen er derfor at ved å utvikle to parallelle produksjonsanlegg for komprimert hydrogen henholdsvis på Ørland og Smøla med minimumskapasitet på 3 og 2 tonn per dag for å supportere bunkringshavnene på Brekstad og Edøy med hydrogen til hurtigbåtene, vil både Trondheim-Brekstad ruta og Trondheim-Brekstad-Kristiansund ruta kunne drives utslippsfritt med komprimert hydrogen til en bærekraftig pris.