

FREMTIDENS HURTIGBÅT: HYDROGENDESIGN – ARCTIC TERN



Et revolusjonerende konsept for null-utslipps
hurtigbåttransport over lengre avstander





Designet er utviklet med sikkerhet i høysetet og er det første hurtigbåtdesignet som ble godkjent av norske myndigheter som en sikker transportmåte for passasjerer langs de mest krevende hurtigbåtrutene i verden.

Hydrogendesign godkjent av Sjøfartsdirektoratet.

Et revolusjonerende konsept for null-utslipps hurtigbåttransport over lengre avstander

ESNA har utviklet en epokegjørende hydrogendrevet hurtigbåt som vil bli et oppsiktsvekkende teknologisk gjennombrudd og vil markere Norge som en fortsatt ledende maritim industrinasjon.

Utviklingen av fartøyet ble finansiert av fylkeskommunene Vestland, Trøndelag, Nordland og Troms og Finnmark, med målsetting om å sette markedet i stand til å levere fremtidens energieffektive hurtigbåter uten skadelige miljøutslipp. Servicefart skulle være mellom 30 og 40 knop.

ESNA deltok i begge prosjekter i regi av fylkenes program for Fremtidens hurtigbåt; energieffektivt design og hydrogendesign. Resultatet fra energieffektiv design ble ferdig tidlig i 2023 og ESNA la frem et design med over 50% energireduksjon sammenlignet med dagens katamaraner.

Hydrogenprosjektet ble startet opp sommeren 2022 basert på kravet om at *"[den] primære energibæreren skal være hydrogen"* og det *"... forutsettes [...] derfor at det benyttes brenselcelleteknologi."*

Teknisk sett baserte bedriften seg på det arbeid og de erfaringer som var vunnet gjennom utviklingsarbeidet i Energieffektivt design, og ESNAs eget forsknings- og utviklingsarbeid på hurtiggående arbeidsbåter basert på komprimert hydrogen som brennstoff og brenselceller i til å drive fremdrifts og hotellsystemer ombord helelektrisk.

Et preliminært design var klart vinteren 2023 og det ble avholdt en detaljert HAZID¹ risikogjennomgang i april 2023 fasilitert av Bureau Veritas. Deltakerene på denne HAZID var våre partnerbedrifter Torghatten Midt, Brunvoll Mar-EI, Ballard, Hexagon Purus og Hyex Safety. I tillegg til dette deltok Fremtidens hurtigbåts prosjektgruppe med representanter fra flere fylkeskommuner. Videre deltok delegasjoner fra Sjøfartsdirektoratet, Bureau Veritas' Oslokontor og skipsdesignere fra ESNA. Bureau Veritas i Paris ledet risikogjennomgangen og utarbeidet en HAZID-rapport med en liste over rekommandasjoner.

Basert på rekommandasjoner fra HAZID ble det gjennomført en del designendringer, før det ble igangsatt en detaljert kvalitativ og kvantitativ sikkerhets- og risikoanalyse støttet opp av avanserte brann- og eksplosjonsanalyser. Disse analysene medførte noen justeringer av designet som så ble fremlagt for Sjøfartsdirektoratet i august 2023 med sikte på å oppnå en preliminær designgodkjenning. Sjøfartsdirektoratet utstedte en forhåndsgodkjenning av designet i november 2023, og konkluderte med at designet vil kunne la seg sikkerhetsmessig realisere med *"no show stoppers"*.

Dermed var en svært viktig milepæl gjennomført.

Fartøysdesignet er klart til å kontraheres og bygges.

¹Hazard Identification, er en kvalitativ risikoanalyseteknikk for å identifisere potensielle farer og trusler i et system form av et arbeidsmøte med alle involverte parter.



Bakgrunn

Det alvorlige bakteppet for dette prosjektet er behovet for å redusere menneskeskapte utslipp av klimagasser for å unngå global temperaturøkning og stigning av havnivå med påfølgende dramatiske konsekvenser for tørke, hete og nedbørsskader for hele menneskeheten. Fylkeskommunene har ansvar for kollektivtransport i Norge, og hurtigbåter står for et betydelig bidrag til utslipp fra dette segmentet.

I høringsnotat utgitt i mai 2023 om Krav om nullutslipp av klimagasser til ferjer og hurtigbåter foreslå regjeringen at det skal være krav om nullutslipp fra bilferjer som blir bestilt i 2024 og senere også for hurtigbåter som skal bestilles fra og med 2025.

Hurtigbåter er svært vanskelig å håndtere i et klimaperspektiv på grunn av høyt energiforbruk per passasjerkilometer. I tillegg øker forbruket sterkt med økende vekt. Med alternative energibærere, som alle har betydelige lavere energiinnhold per vektenhet enn fossile brennstoff, øker derfor energiforbruket betydelig når man også tar med vekt av energilagringssystemene ombord. Dette vil derfor medføre en negativ spiraleffekt fordi økt vekt gir økt energiforbruk som krever mer energilagring og større motorer og lengre skrog som gir økt vekt osv...

Prosjektet Fremtidens hurtigbåt er derfor et svært viktige tiltak for å utvikle og utprøve ny teknologi. Målsetningen er å stoppe eller redusere en slik negativ spiraleffekt og bidra til vesentlig reduksjon av utslippene fra hurtigbåtsektoren gjennom å utvikle hurtigbåtteknologi med:

- Ukonvensjonelle fartøyskonsept med potensial for vesentlig reduksjon av energiforbruk ved høy fart.
- Fremdriftsløsninger som genererer tilstrekkelig skyvkraft uten å slippe ut klimagasser.

I prosjektet Energieffektivt design utviklet ESNA en motstandsoptimalisert luftputekatamaran eller Surface Effect Ship (SES) med ekstrem lav våt overflate og svært lav luftmotstand. Fartøyet var basert på ESNA's verdensledende kompetanse og erfaring med design, bygging og drift av SES over mange tiår. ESNA er i dag det eneste uavhengige designsselskap med denne kompetansen globalt.



ESNAs svært energioptimale fartøyløsning for Fremtidens Hurtigbåt Energieffektivt Design. Fartøyet vil bruke omlagt halvparten av energien til dagens katamaran hurtigbåter.

ESNA og SES teknologi

ESNA AS (Espeland & Skomedal Naval Architects), etablert i 2015, er et uavhengig designkontor med verdensledende spesialisering innen hurtiggående fartøy basert på SES prinsippet. Selskapet ble grunnlagt av skipsingenørene Dr. Nere G Skomedal og Trygve H Espeland. Tilsammen har de ca 60 års erfaring med design, bygging og operasjon av de mest avanserte og vellykkede SES fartøyer i verden i årene etter 1990.

I tillegg til å levere klassegodkjente designpakker leverer selskapet også en utstyrs pakke bestående av vifter, spjeld, sensorer og kontrollsystem som gir hurtigbåtverft, uten tidligere SES erfaring, mulighet for å bygge og levere SES med dokumenterte ytelser.

En SES har to skrog, og mellom disse ligger en luftpute som løfter opptil 90% av båtens vekt. Luften tilføres med store vifter, og et automatisk bevegelsesdempesystem styrer lufttrykket ved åpning og lukking av spjeld i forhold til bølgene. Dette sikrer en behagelig luftdempet overfart. Under høy fart stikker skrogene kun en halv meter ned i vannet. Man får lav friksjonsmotstand, og optimal økonomifart ved 35-40 knop med ekstremt lavt energiforbruk.

Luftputekatamaraner er kjent for høy fart i kombinasjon med lavt forbruk av drivstoff, samt for god passasjerkomfort i bølger. På verdensbasis er det bygget mer enn 200 SES, og teknologien benyttes blant annet i Sjøforsvarets mineryddere og korvetter siden tidlig på 1990-tallet.

Kravet om nullutslipp setter fokus på energiforbruk. Selv om luftputen øker kompleksiteten til fartøyet, vil det lave totale energiforbruket og andre fordeler en SES gir, mer enn oppveie dette.

I Fremtidens Hurtigbåt Energieffektivt Design dokumenterte vi energieffektivisering på over 50% for vår løsning i forhold til en oppgitt referansekurve. Dette fullelektriske fartøyet var basert på servicehastighet i området 35-45 knop med batterier som energibærere og hurtiglading ved kai. For distanser mindre enn ~40 nautiske mil mellom ladestopp vil batterier sannsynligvis være den beste løsningen med svært høy total energieffektivitet regnet fra kraftnettet til propell.

Fordeler med hydrogen som drivstoff

Kort fortalt er det enighet om at batterier er den beste løsningen for nullutslipp energilagringssystemet over korte avstander, dvs omlag en times gange mellom lading. For lengre overfarter kreves enten hurtiglading eller batteribytte underveis. For avstander større enn dette må man ta med energi i form av væske eller gass. I dag ser det ut som de mest aktuelle alternativene vil være hydrogen, ammoniakk eller metanol som alle kan produseres uten utslipp av CO₂.

Vi kan kort nevne følgende argumenter for hydrogendrift av hurtigbåter i forhold til andre grønne drivstoff:

1. Alle dominerende grønne drivstoff bygger på bruk av hydrogen som byggesten i fremstillingsprosessen. Grønn hydrogen produseres ved elektrolyse av vann drevet med elektrisk energi fra fornybare energikilder, eventuelt produsert fra fossil karbonholdig naturgass, men med full karbonfangst og lagring eller ombruk av CO₂.

Hydrogen basert på naturgass, men med delvis karbonfangst, kalles ofte blå fordi den vil ha noe høyere CO₂-utslipp enn grønn. Siden hydrogen er utgangspunktet for grønn ammoniakk eller metanol, og det vil kreve mer energi med et ekstra trinn i produksjonsprosessen å produsere disse fra hydrogengass, vil det per energienhet i drivstoffet medgå minst energi ved å bruke hydrogen direkte som drivstoff enn å gå omveien om metanol eller ammoniakk.

Produksjon og direkte bruk av hydrogen vil derfor alltid være mer energieffektivt, og derfor rimeligere, enn for andre grønne drivstoff.

2. Hydrogen kan brukes direkte i kommersielt tilgjengelige PEM brenselceller. Slike brenselceller har svært høy termisk virkningsgrad, typisk opptil 60% sammenlignet med forbrenningsmotorer som kan oppnå ca 40%. Avgass vil kun være luft og vanndamp
3. Alternative drivstoff som ammoniakk og metanol må splittes for å skille ut ren hydrogengass hvis de skal brukes i PEM brenselceller. Dette er en energikrevende prosess som også krever plass og vekt ombord i et fartøy. Likevel kan dette bli et alternativ som på sikt blir kommersielt interessant fordi det er betydelig enklere å installere og integrere metanol- eller ammoniakktanker enn hydrogentanker i et fartøy. Siden hydrogengass er svært lett, må hydrogen oppbevares ombord komprimert under svært høyt trykk (250-350 bar) eller flytende ved svært lav temperatur (-253 °C).
4. Metanol og ammoniakk kan forbrennes direkte i en forbrenningsmotor, dog med tilførsel av noe diesel, og med betydelig lavere termisk virkningsgrad enn brenselceller. I tillegg vil det dannes NOx slik at en stor og tung selektiv katalytisk reaktor (SCR) må installeres i eksossystemet.



Argumentene ovenfor innebærer at et fartøy drevet med hydrogen og brenselceller vil bruke betydelig mindre energi (dvs ca halvparten) regnet fra kraftnettet til propell enn et motordrevet fartøy med metanol/ammoniakk som drivstoff. Elektrisk energi vil trolig alltid være en knapp ressurs, og dette gir i hydrogen en vesentlig og vedvarende fordel.



Arctic Tern er oppkalt etter langdistansetrekkfuglen rødnebbterne.

The "Arctic Tern"

Fartøyskonseptet, kalt Arctic Tern (oppkalt etter langdistansetrekkfuglen rødnebbterne, *Sterna paradisaea*), er basert på Surface Effect Ship (SES) konseptet. En stor del av skipets vekt bæres av en luftpute for å oppnå høy energieffektivitet ved servicehastigheter i området 35–38 knop. Tidlig i designfasen kom det tydelig frem at SES-konseptet hadde det mest optimale designet for de gjeldende kravene som stilles i Hydrogendesign-prosjektet i forhold til et konvensjonell katamaranskrog.

Basert på gjeldende krav er det av ytterste viktighet å utvikle et skrogkonsept med lav motstand for å oppnå nødvendig hastighet, lastkapasitet og rekkevidde for å holde bygge- og driftskostnadene til nullutslippsteknologien så lave som mulig ved å redusere mengden og vekten på brenselceller, hydrogenlagringstanker og batterikapasitet.

Fartøyet skal operere som et innenlands høyhastighets passasjerfartøy på lange og for det meste skjermede ruter langs norskekysten. Fartøyet vil typisk ha en rutestrekning på 160 nautiske mil med flere stopp underveis, og holde en hastighet i området 32–38 knop, dvs 35 knop i gjennomsnitt. Ved sluttdestinasjonen vil fartøyet bunkre hydrogen og deretter returnere til hjemmehavnen med samme stopp underveis. I hjemmehavnen skal hun bunkre hydrogen i løpet av natten. Typisk operasjonsvarighet vil være 10–14 timer per dag.

I den innledende fasen av utviklingsprosessen vår inkluderte vi også et katamarankonsept med slanke skrog som en alternativ designløsning. Hvis hastighetskravene lempes, kan katamaranen fortsatt være konkurransedyktig.

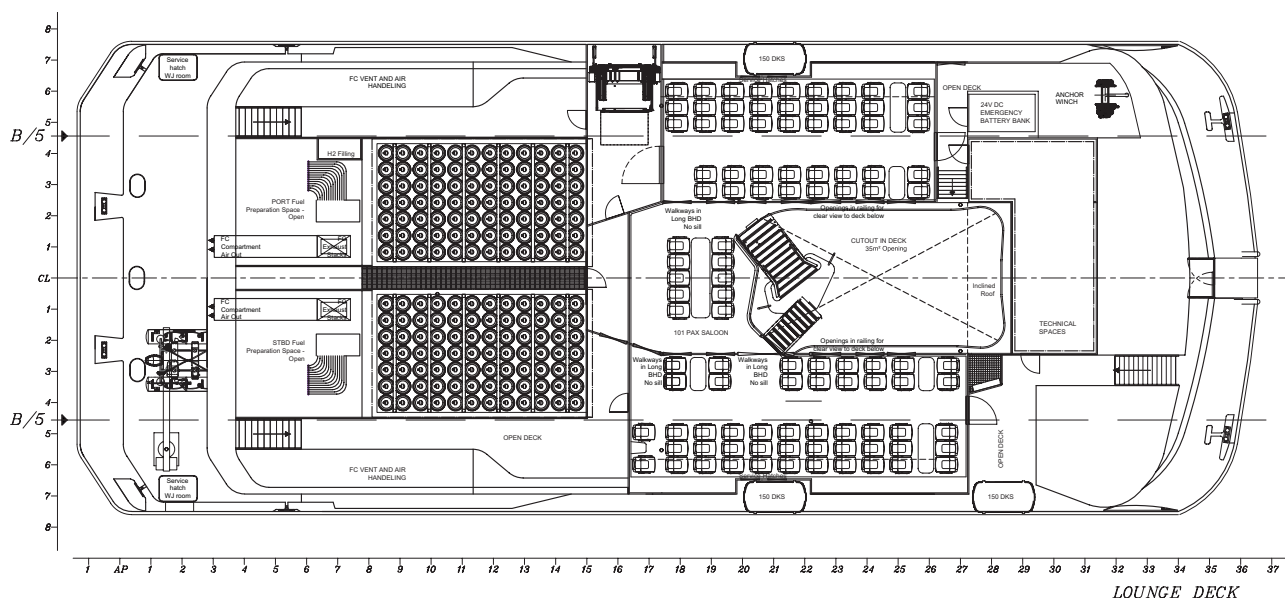
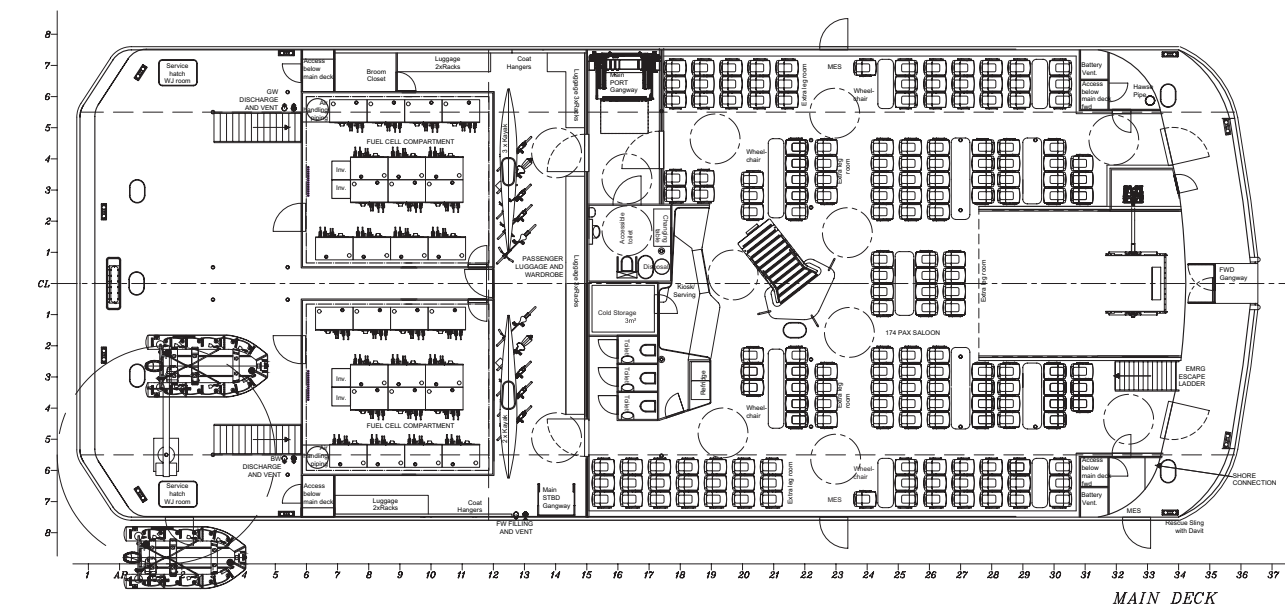
Hydrofoilkonsepter har vært brukt ved flere anledninger før og har muligens et fremtidig potensiale, men faktorer som kavitasjon på foiler ved høye hastigheter, ikke utprøvde propulsjonsløsninger, begrenset manøvreringsevne sammen med høye kostnader, høy vektssensitivitet og sårbarhet gjorde at vi ikke vurderer det som et kommersielt brukbart konsept de nærmeste årene.

Energieffektivitet for hydrofoilkonseptet er totalt sett på linje med SES, forskjellene er minimale, så det er tvilsomt om en vil oppnå en gevinst ved å investere tungt i en slik konseptutvikling.

Fartøysdesignet er utviklet og eid av *ESNA – Espeland & Skomedal Naval Architects*.

Arctic Tern er et helt fossilfritt fartøy basert på brenselceller og batteridrevet elektrisk fremdrifts- og luftputesystemer og er beregnet for:

- Rask transport av langdistansepassasjerer langs kysten
- Høy passasjer- og mannskapskomfort med ubetydelig forekomst av sjøsyke
- Aktiv SES bevegelingsdemping



Fire uavhengige fremdriftslinjer, bestående av elektromotorer som driver vannjet, sørger for høy driftssikkerhet, høy virkningsgrad og god manøvreringsevne.

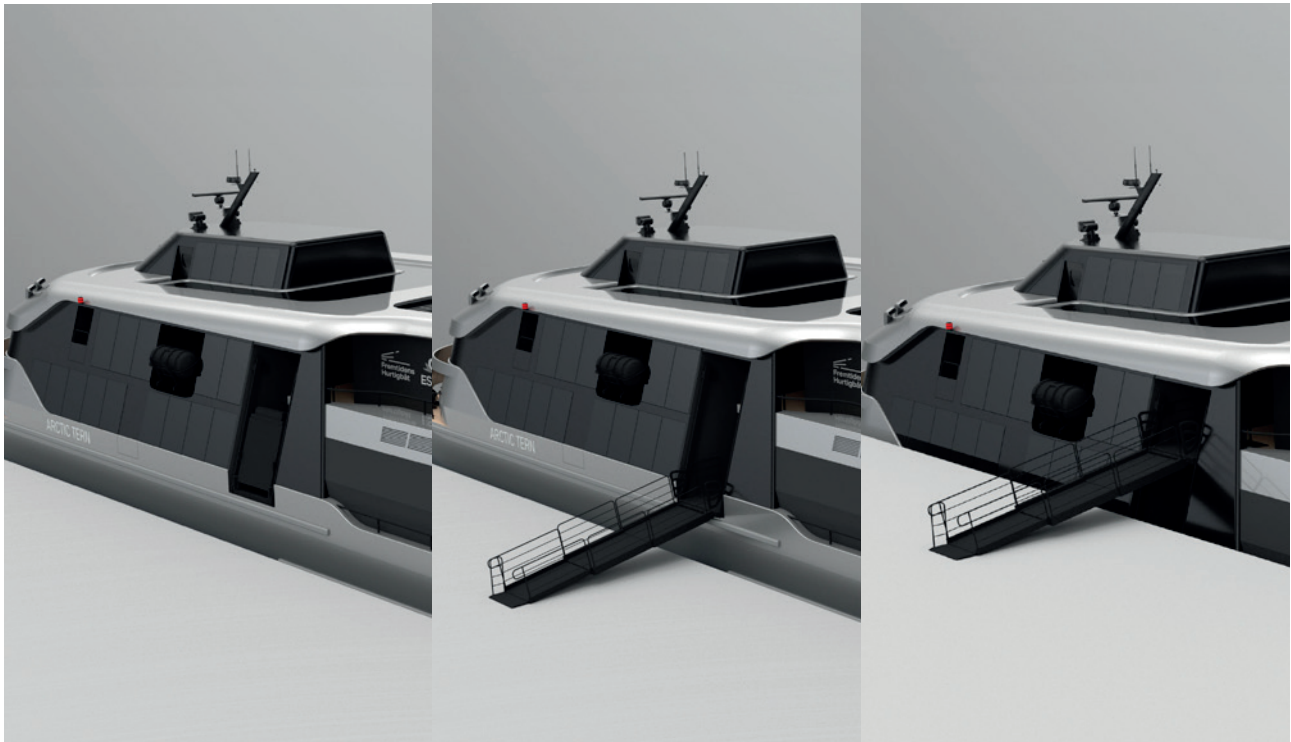
Den elektriske kraften distribueres via et høyspent likestrømsnett. Elektrisk kraft genereres av brenselceller drevet av komprimert hydrogen. Bunkringsanlegg, hydrogendistribusjon og ventilasjonsmaster er plassert åpent på 2. dekk. Brenselceller er plassert i to rom aktenfor passasjerområdet.

Passasjerområdene er trygt separert fra hydrogenområdene med brannskille og kofferdammer. Alle hydrogensystemer er konsentrert til akterskipet og passasjerer vil ikke ha adgang til disse områdene. Evakuering av passasjerer og mannskap skjer fra evakueringsstasjoner på hoveddekk midtskips eller forut i passasjersalongen i god avstand fra hydrogensystemer.

Alle hydrogensystemer, og annet utstyr om bord, er valgt fra leverandører som har kommersielt tilgjengelig utstyr godkjent for installasjon på skip. Dette, sammen med forhåndsgodkjenningen av hydrogensystemene fra Sjøfartsdirektoratet, gjør at fartøysdesignet er klart til å inngå byggekontrakt.

Den vektoptimerte skipsstrukturen kan bygges i enten karbonfiberkompositt sandwichpaneler eller sjøvannsbestandig aluminium. Siden karbonfiberstrukturen vil være lettere enn en aluminiumsstruktur, vil sistnevnte ha noe høyere drivstofforbruk. Imidlertid kan både byggekostnader og tilgjengeligheten av kvalifiserte verft være fordelaktige for aluminiumsfartøy fordi det vil være mulig å oppnå større konkurranse om bygging og fordi det er rimelige å bygge i aluminium. Norske verksteder er velkvalifiserte til begge strukturvalg, og bygging i Norge vil kunne sikre oppbygging av denne kompetanse i Norge.





Babord v/landgang klarer høyde på kai opptil 5,7 meter over havnivå.

Hoveddata

Fartøysdesignet kan enkelt tilpasses spesifikke rutekrav som værutsatte områder, varierende rekkevidde og større eller mindre passasjerantall. Nedenfor viser et eksempel på hoveddata.

Skrog og dekkshus	Sveiset aluminium eller karbonfiberkompositter
L oa	38 m
B oa	15,2 m
Draft fullastet	SES 0,6 m på pute. 2 m uten SES vifter igang.
BV	✕ SKROG ✕ MACH HIGH SPEED CRAFT - CAT A, SEA AREA 2, HYDROGEN FUELED ✕ AUT-UMS
NOR	NOR Fartsområde 4
Fart (maksimal)	38 knop
Marsjhastighet	35 knop
Rekkevidde	160 nautiske mil
Passasjerer på to dekk	275
Passasjer ombordstigning	Baugtillegg, sidetillegg med heis fra hoveddekk til 2.dekk.
Passasjerfasiliteter	Universell utforming. Oppbevaringsplass for 10 sykler og 5 kajaker. Bemannet kiosk
Hydrogentanker	ca 1400 kg komprimert hydrogen lagret ved 350 bar
Elektrisk kraftproduksjon	2 x 2800 kW brenselceller (200 kW moduler)
Hovedbatterier	2 x 181 kWh (nominell)
Propulsorer	4 elektrisk drevne vannjet
SES-systemer	Elektrisk drevne løfte- og bagvifter
Bevegelsesdemping	Aktiv ESNA SES bevegelsesdemping og Interceptorer for trim og rull kontroll

Passasjerfasiliteter

Svært tiltalende og romslige passasjersalong spreddt over 2 dekk med store vindusflater og takvinduer på 2.dekk vil gi passasjerene gode muligheter til å nyte dramatisk og vakker norsk natur.





Torghatten Midt

Torghatten Midt består av tidligere FosenNamsos Sjø AS og Torghatten Trafikkselskap. De driver sjøveis kollektivtrafikk og opererer i dag mange ferge og hurtigbåtsamband på Trøndelag- og Helgelandskysten, inkludert flere nye plug-in hybridferjer.

Moderselskapet er Torghatten, hvor også Torhgatten Nord og Bastø Fosen inngår. Selskapene har en rekke pågående initiativ for bærekraft og nullutslipp, blant annet har de kontrakt på to nye hydrogenferjer mellom Bodø og Lofoten fra 2025, og for førerløs elektrisk passasjerferje fra 2023 i Stockholm med Zeabuz.

ESNA

ESNA er et skipsdesignkontor med spisskompetanse på SES og løsninger for lav- og nullutslipp. Selskapet har utviklet meget energieffektive SES design for transport av personell til offshore vindparker og olje- og gassinstallasjoner.

ESNA har designet CWind Pioneer, som ble bygget i 2021, og er verdens første diesel-elektriske SES. Alle luftputesystemene er elektrisk drevet og levert av ESNA.