

Rapport

Smartere Transport – Møre og Romsdal L2.3 – Framdrifts- og energisystem for autonome passasjerskip

Forfatter(e)

Dag Stenersen



SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Smartere Transport – Møre og Romsdal L2.3 – Framdrifts- og energisystem for autonome passasjerskip

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
OC2022 A-002	302004527-11	2.0	2022-02-07

EMNEORD:Batteri-elektrisk,
fremdrifts- og
energisystem,
ladeløsning**FORFATTER(E)**

Dag Stenersen, SINTEF Ocean

OPPDAGSGIVER(E)

Møre og Romsdal fylkeskommune

OPPDAGSGIVERS REF.

Marte Berild Hjelle

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

30

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978-82-7174-430-4

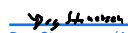
SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport – Møre og Romsdal.

Det er gjennomført en studie av aktuelle fremdrifts- og energisystemer for prosjektets to brukercase, pendelfergekonsept for drift i Kristiansund's indre farvann, samt for hurtigbåtkonseptet for drift mellom Langevåg og Ålesund. Vurderingene er basert på elektrisk drift, da dette er ansett som den mest modne teknologien, og dermed også den mest aktuelle løsningen for realisering av null-utslipps fremdrift. I studien er det gjort overordnede vurderinger knyttet til energibehov, energilager og ladestrategi.

**UTARBEIDET AV**

Dag Stenersen


Dag Stenersen (Apr 18, 2022 08:11 GMT+2)**KONTROLLERT AV**

Anders Valland

**GODKJENT AV**

Lars Magnes Nonås


Lars Magnes Nonås (Apr 19, 2022 13:30 GMT+2)

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2022-01-14	Første versjon oversendt oppdragsgiver for kommentarer
2.0	2022-02-09	Endelig versjon. Oppdatert med alternativt brukercase for Langevåg - Ålesundsambandet

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	4
2	Prosjektbakgrunn	5
3	Brukercase Kristiansund – Pendelferge mellom Nordlandet og Kirkelandet	6
3.1	Skipskonsept og rutebeskrivelse.....	6
3.2	Krav til fremdrifts- og propulsjonssystem.....	7
3.2.1	Fartsprognose	7
3.2.2	Driftsprofil og energiforbruk.....	9
3.3	Dimensjonering av energisystemet om bord.....	11
3.4	Redundans	14
3.5	Kraftbehov og aktuell ladeinfrastruktur	14
4	Brukercase Ålesund – Hurtigbåt Ålesund-Langevåg.....	18
4.1	Skipskonsept og rutebeskrivelse.....	18
4.2	Krav til fremdrifts- og propulsjonssystem – 147 pax fartøy.....	19
4.2.1	Fartsprognose, 147 pax	19
4.2.2	Driftsprofil og energiforbruk.....	20
4.2.3	Dimensjonering av energisystemet om bord	23
4.2.4	Redundans	23
4.3	Ladeinfrastruktur	24
4.4	Krav til fremdrifts- og propulsjonssystem – 99 pax fartøy.....	25
4.4.1	Fartsprognose	26
4.4.2	Driftsprofil og energiforbruk for 99 pax hurtigbåt	27
4.4.3	Dimensjonering av energisystem om bord.....	28
4.4.4	Redundans	29
5	Referanser.....	30

1 Sammendrag

Rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport – Møre og Romsdal, en av fem fylkeskommuner premiært i Samferdselsdepartementets konkurranse Smartere transport i Norge. Hovedmålet har vært å gjennomføre en konseptstudie av miljøvennlige framdrifts-system som møter nullutslippsvisjonen. Dette med utgangspunkt i prosjektets to brukercase – Pendelferge i Kristiansund og Langevågsbåten i Ålesund.

I delaktivitet WP2.3 (denne rapporten) er det gjennomført en studie av energisystemene for et pendelfergekonsept for drift i Kristiansund's indre farvann og et hurtigbåtkonsept for drift mellom Langevåg og Ålesund. Vurderte fartøykonsepter har elektrisk drift. I studien er energibehov, energilager og ladestrategi vurdert.

For nytt pendelfergekonsept i Kristiansund er det lagt til grunn en rute mellom Kirkelandet og Nordlandet med 15 minutters frekvens på morgen og ettermiddag. Dette er en kort rute med overfartstid < 3 minutter. Ladestrategi vil være bestemmende for batterikapasitet, og det er mulig å velge et lite batteri på ca. 100 kWh med relativt ofte ladning i "hjemmehavn". Batteri kan da lades ved hvert anløp som gir en stabil ladegrad for batteriet, eller det kan velges å lade hver time. Sistnevnte ladestrategi vil medføre noe fallende ladegrad på batteriet på morgen og ettermiddag/kveld, men det er tilstrekkelig pauser utenom rushtid til å fullade batteriet. Teknisk spesifikasjon for disse to tilfellene vil være den samme, og ladeeffekt på kai er estimert til 200 kW. Alternativt kan pendelfergen utstyres med et større batteri som har kapasitet til en hel dags drift. En slik tilnærming innebærer installasjon av 600 kWh batterikapasitet som opereres med en ladegrad mellom 80% og 30%. Et slikt batteri kan lades på kveld/natt etter at siste tur er kjørt for dagen. En slik strategi vil kreve mindre ladeeffekt på landsiden, og ved 100 kW ladeeffekt er batteriet fulladet i løpet av ca. 3 timer. Ladeinfrastruktur på land kan dermed være en manuell løsning tilsvarende standard bil-lader som lett kan opereres av mannskap. Alternativt er også automatiske system aktuelle, som induktiv ladning eller pluggladning. Alle disse systemene er kommersielt tilgjengelige i dag.

For hurtigbåtkonsept for ruten Langevåg-Ålesund er også godt egnet til elektrisk drift med kort overfartstid. Denne ruten vil også kreve ladning i "hjemmehavn" som kan være Langevåg eller Ålesund og ruten bør tilpasses slik at den alltid får lang liggetid i sin definerte "hjemmehavn". I prosjektet er det vurdert to alternative løsninger, en stor båt på 147 pax eller to mindre båter med 99 pax. Et konsept med 147 pax er utredet for drift på alternativt drivstoff i Klimasats-prosjektet, /2/ og dette danner basis for maskinerisystemene om bord for dette alternativet. Et batteri på 600 kWh vil dekke energibehov om bord forutsatt ladning for hver rundtur. Propulsjonsmotorer har maks ytelse 2x500 kW. Ladeeffekt på kai er anslått til 1150 kW noe som krever tyngre utstyr, slik at et system med ladetårn sannsynligvis må etableres. For alternativet med to mindre båter på 99 pax vil energibehovet være noe mindre for hver overfart og batteristørrelsen kan reduseres til ca. 450 kWh og propulsjonsmotorer til 2x 400 kW. Ladestasjon kan reduseres til ca. 900 kW ladeeffekt. To fartøy i drift vil gi relativt høy utnyttelsesgrad på en slik ladestasjon.

Det finnes ulike ladeløsninger på markedet, og det er mulig med automatisk tilkobling og ladning eller halvautomatisk der operatør assisterer ved tilkobling av ladeplugg.

2 Prosjektbakgrunn

Som beskrevet i Hovedprosjektplan ble Møre og Romsdal fylkeskommune som en av fem fylkeskommuner premiært i Samferdselsdepartementets konkurranse "Smartere transport i Norge", hvor hovedmålet er å: "Gjennomføre en mulighetsstudie for et helt nytt og banebrytende konsept for sømløs persontransport basert på autonome, sjøverts transportløsninger".

Basert på persontransportsystem for henholdsvis Ålesund (Langevågsbåten) og Kristiansund (Pendelferge), heter det at resultatene også skal være anvendbare for andre geografiske områder. I tillegg skal de være skalerbare med tanke på systemets kapasitet til å håndtere ulike trafikk- og reisemønster (f.eks. variasjon i antall reisende over tid, rutevalg, reisevaner og reisemiddelfordeling). Det er også ønskelig at prosjektets løsninger skal kunne løftes over til utviklingen av autonome riksvegferger. Prosjekter består av totalt 4 arbeidspakker (WP'er), hvor fokus for denne rapporten er WP2 og aktivitet A2.3 (Tabell 2-1 Tabell).

Tabell 2-1: Smartere transport - arbeidspakkestruktur

Arbeidspakke	Aktivitet
WP1 – Prosjektavgrensning	A1.1 Ståstedsanalyse
	A1.2 Beskrivelse av brukercase
WP2 Mulighetsstudie autonome fartøy	A2.1 Skalerbare fartøyskonsepter
	A2.2 Autonome/semi-autonome operasjoner
	A2.3 Framdrifts- og energisystem
	A2.4 Dokking, ombordstigning og evakuering
	A2.5 Ombordsystem og beslutningsstøtte for sikker operasjon
	A2.6 Kost-nytteanalyser
WP3 Landbasert digital og fysisk infrastruktur	A3.1 Landbasert kontrollrom
	A3.2 Sikker dokking og ombordstigning
WP4 Sikkerhet og beredskap	A4.1 Cyber security
	A4.2 Regulatoriske utfordringer
	A4.3 Sikre transportløsninger

Med utgangspunkt i hovedprosjektets målsetning og resultater fra del-aktivitetene A1.1 Ståstedsanalyse (/7/ Holte, et al., 2019), L2.1 Fartøyskonsept for autonom passasjertransport (/6/ Borgen, et al., 2022), og de definerte brukercasene fra A1.2 (/8/ Kleppe et al., 2019), presenterer denne rapporten mulige løsninger hva gjelder framdrifts- og energisystem for prosjektets to brukercase. Dette gir også føringer for krav vedrørende tilførsel av energi fra landsiden, og dermed relevans for arbeidet i aktivitet A3.2 Sikker dokking og ombordstigning.

Kapittel 3 og 4 gir henholdsvis en overordnet beskrivelse av framdrifts- og energisystem for prosjektets to brukercase, den prosjekterte pendelfergen i Kristiansund havnebasseng, samt hurtigbåtsambandet mellom Ålesund og Langevåg. For en mer utfyllende beskrivelse henvises det til prosjektrapport L2.1 (/6/ Borgen, et al., 2022). Kapittel 3.5 og 4.3 presentere aktuelle ladeløsninger som er aktuelle for respektive brukercase.

3 Brukercase Kristiansund – Pendelferge mellom Nordlandet og Kirkelandet

3.1 Skipskonsept og rutebeskrivelse

Foreslåtte pendelferge (rød linje) er en helt ny mobilitetsløsning for Kristiansund, og representerer en effektiv løsning for passasjertransport mellom Nordlandet og Kirkelandet (sentrum Kristiansund). En slik tverrforbindelse vil potensielt gi et betydelig bidrag for å avlaste dagens veibaserte trafikk fra Nordlandet og omegn, og inn til Kirkelandet. Det presiseres at en slik løsning skal være et supplement til dagens Sundbåt (svart stiplet linje), da Pendelfergen er tenkt operert med høy frekvens og kort overfartstid.

- Skipskonsept: Pendelferge, saktegående
- Fartsområde: 1
- Passasjerkapasitet: 99

- Estimert seilingstid (rød linje): ca. 5 min.
- Estimert snutid: 5 min
- Seilingsdistanse: ca. 550 m.
- Estimert seilingshastighet: 5-8 knop



Figur 3-1: Rute for ny pendelferje i Kristiansund, rød strek. Eksisterende rute for Sundbåten illustrert med svarte stiplede linjer (Illustrasjon av pendelferge: Møre Maritime).

Fremdrifts- og energisystem er dimensjonert med tanke på operasjon på hverdager da det antas at dette også vil være tilstrekkelig for operasjon i helger. For helger og øvrige helligdager er det naturlig at rutetilbudet vil være noe redusert. Med tanke på rutetid og frekvens på hverdager er sambandet antatt åpent fra 07:00 til 20:30, hvor følgende intervaller vedrørende frekvens er lagt til grunn:

- 15 minutters rundtur for pendelfergen morgen (07:00-10:00) og ettermiddag (14:00-17:00) med ca. 3 minutters seiling hver veg.
- Midt på dagen opereres ruta med avgang hver halve time (10:00-14:00).
- På kveldstid fra 17:00 kjøres avganger hver time.
- Totalt sett gir dette til sammen 33 rundturer per dag og en utseilt distanse estimert til 36 km (19,6 nautiske mil).

Konkret ruteforslag og frekvenser for helger og helligdager er ikke utledet, men det vil være naturlig å legge følgende til grunn for denne type operasjon:

- Lørdager
 - Høy frekvens gjennom store deler av dagen.
 - Noe senere oppstart sammenlignet med hverdager.
- Søndager
 - Noe lavere frekvens som holdes fast gjennom dagen.
 - Noe senere oppstart sammenlignet med hverdager.

3.2 Krav til fremdrifts- og propulsjonssystem

For prosjektet foreligger det krav til utredning av en nullutslippsløsning. Med skissert rute, korte overfart og lavt effektbehov i normal drift, samt gitte driftsprofil, er sambandet godt egnet til elektrisk drift. Dette er også påvist i arbeidet med nye Sundbåt i annet utviklingsprosjekt, (/9/ Ulstein International, 2019). Det bemerkes at dimensjonering av et batterielektrisk fremdriftssystem må gjøres ut fra hensiktsmessig batterikapasitet, tilgjengelig ladekapasitet, antatt lade-tid og frekvens gjennom døgnet, samt antall ladepunkter som gjøres tilgjengelig.

Det nye skipskonseptet for pendelfergen er definert i prosjektrapport L2.1 (/6/ Borgen, et al. 2022), hvor det vises en batterielektrisk fremdriftsløsning med en azimuth-thruster med propell i dyse i hver ende. Hovedparametere for konseptet er gjengitt i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Hoveddimensjoner og propulsjonsytelse for pendelferge (kilde: /6/ Borgen et al., 2022)

Hoveddimensjoner					Propelldata (pr. propell)	
L	B	T	D	H	Diameter	Ytelse
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kW]
18	6	2	3,2	6,2	0,64	125

L= Lengde, B=Bredde, T=Dypgang, D= Dybde i riss, H= Høyde fra kjøll til hoveddekk

3.2.1 Fartsprognose

En viktig forutsetning for definering av fremdrifts- og propulsjonssystem er beregning av fartsprognose, da dette angir hvor mye kraft et skip bør ha tilgjengelig for å opprettholde nødvendig fart og manøvreringsevne. Fartsprognosen for pendelfergen er beregnet med dataprogrammet ShipX, hvorpå en mer detaljert gjengivelse av resultatene finnes i rapport L2.1 (/6/ Borgen, et al., 2022).

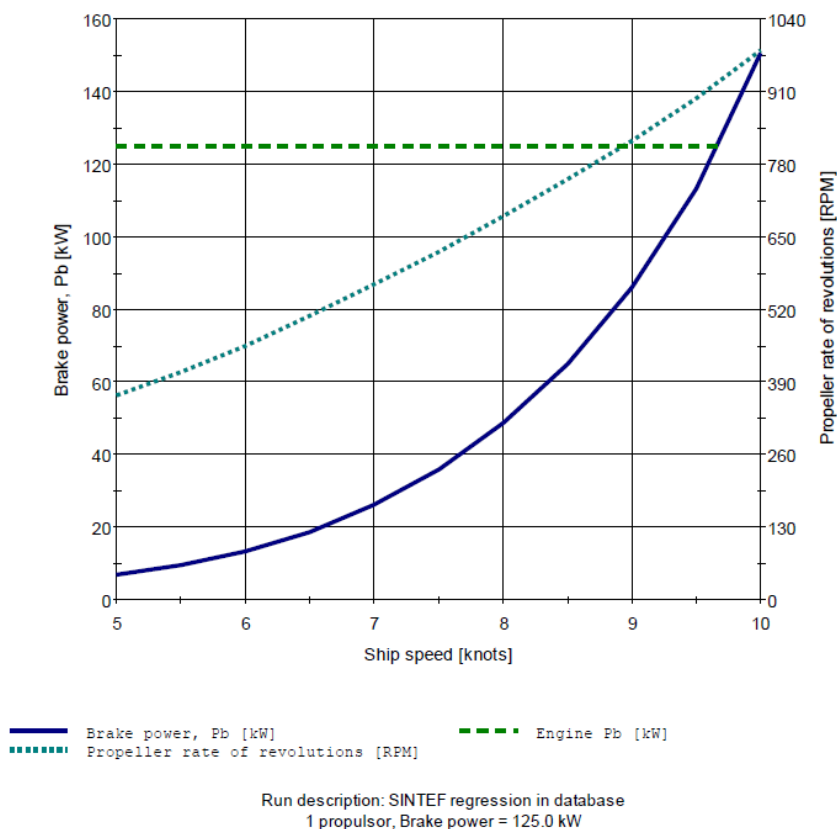
SHIP: 302004527-3 Sundbåt Pendelferge

Calm water prognosis:

$V_s = 9.67$ knots

$P_b = 125$ kW

RPM = 926.8



Figur 3-2: Pendelferge Kristiansund - fartsprognose, stille vann

Ifølge fartsprognosen oppnås design hastighet på 9,7 knop ved akseleffekt på 125 kW. Fartsprognosen er for stille vann og i beregninger av energibehov for en overfart er det lagt til 10% sjømargin samt 8% for seilstilling av forre truster.

Propulsjonssystem

Det er foreslått 2x125 kW azimuth-trustere til fremdrift, (ref. L2.1), med en azimuth-truster i hver ende. Dette gir betydelig kraftreserve i forhold til trust-behov i normal drift hvor typisk overfartshastighet er 7 knop. Kraftbehov er i hovedsak basert på krav til holdekraft mot miljøkrefter for Kristiansund havnebasseng, og dermed også for å ivareta trygg manøvrering til kai i dårlig vær med kraftig vind og strøm. Tilhørende analyser og vurderinger er nærmere beskrevet i L2.1 (/6/ Borgen, et al., 2022).

3.2.2 Driftsprofil og energiforbruk

Med basis i fartsprognosen og foreslått rutetabell er det mulig å estimere energiforbruk i ruten.

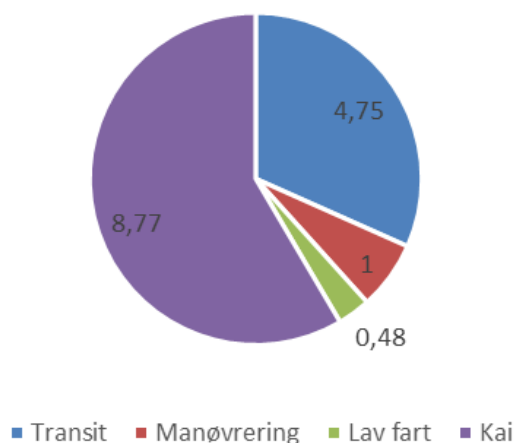
Tur nr.	Kirkelandet	Nordlandet
1	07.00	07.08
2	07.15	07.23
3	07.30	07.38
4	07.45	07.53
5	08.00	08.08
6	08.15	08.23
7	08.30	08.38
8	08.45	08.53
9	09.00	09.08
10	09.15	09.23
11	09.30	09.38
12	09.45	09.53
13	10.00	10.08
14	10.30	10.38
15	11.00	11.08
16	12.00	12.08
17	13.00	13.08
18	14.00	14.08
19	14.15	14.23
20	14.30	14.38
21	14.45	14.53
22	15.00	15.08
23	15.15	15.23
24	15.30	15.38
25	15.45	15.53
26	16.00	16.08
27	16.15	16.23
28	16.30	16.38
29	16.45	16.53
30	17.00	17.08
31	18.00	18.08
32	19.00	19.08
33	20.00	20.08

Tabell 3-2: Pendelferge Kristiansund – forslag til rutetabell for hverdager

Hensiktsmessig fart er satt til 7 knop som gir en overfartstid på under tre minutter. Videre er følgende driftsmodi definert med tilhørende konservative anslag vedrørende effektbehov:

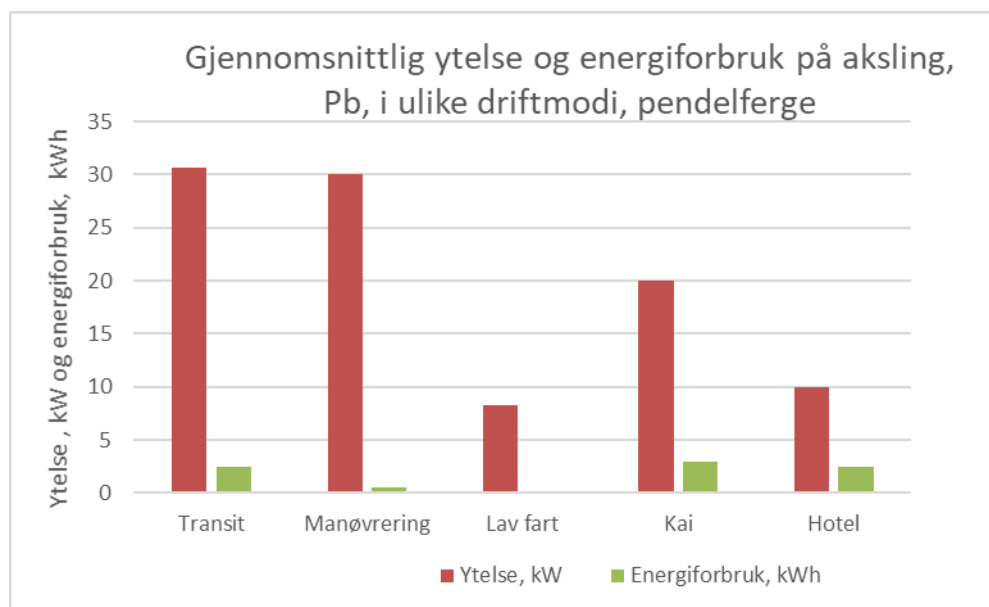
- Transitt: 31 kW akseleffekt, inkl. 10 % sjømargin, 8% seilstilling forre truster
- Manøvrering: 30 kW
- Lav fart: 7 kW
- Ved kai: 20 kW (ved automatisk fortøyning vil denne sannsynligvis være betydelig lavere)
- Hotell: 10 kW (kontinuerlig).

Estimert driftsprofil for skipet er illustrert i Figur 3-3., hvor tidsforbruk per 15 minutters rundtur er angitt i minutter for hver driftsmodus.



Figur 3-3: Estimert driftsprofil for pendelferge, rundtur

Energiforbruk for definert driftsprofil er estimert og vist nedenfor.



Figur 3-4: Estimert energiforbruk for pendelferge, rundtur. Generell betraktning.

Driftsprofil og energiforbruk beskrives fra en generell betraktning og karakteriseres av kort overfart og relativt lang liggetid. Største energiforbruk blir dermed ved kai. Her er det antatt konstant energiforbruk ved at fergen pusher mot kai under hele kaioppholdet. Dette er sannsynlig riktig ved korte stopp. Ved lengre pause forventes at fergen fortøyes automatisk, og da blir energiforbruket lavere. Dette blir dermed en konservativ betraktning som forutsettes å gi tilstrekkelig detaljeringsgrad for konseptuell design av energibehovet for det aktuelle fartøyet.

Figurene illustrerer energiforbruk på en overfart med 7 knops fart i transit. Summert gir dette følgende estimerte energibehov på aksling:

- For en overfart – ca. 4,5 kWh
- For en rundtur – ca. 9 kWh.
- Totalt energiforbruk per dag – ca. 300 kWh.

3.3 Dimensjonering av energisystemet om bord

Med tanke på ladning av installert batteripakke er det tilrådelig at skipet får en "hjemme-kai", og dermed naturlig å legge til rette for ladning der den ligger lengst. For pendelfergen settes denne til Kirkelandet. Når det gjelder valg av batterikapasitet er det avhengig av ladestrategi og energiforbruk, og ved foreslåtte rute har pendelfergen minimalt med liggetid på Nordlandet da det kun er planlagt av- og påstigning (estimert til ca. 2,5 minutter). Ved 15 minutters ruteintervall gjør dette at det i den travleste perioden blir ca. 6,5 min liggetid ved hjemme-kai, og dette øker til over ca. 45 minutter på kvelden.

Det betyr at det er flere mulige valg når det kommer til batterikapasitet. I en rute med kort overfart vil det være mulig å lade ofte som kan tale for at det installeres lite batterikapasitet. Alternativ er det mulig å tenke seg at det installeres større batterikapasitet tilpasset energiforbruk over en dags drift, eller noe midt imellom. Tabell 3-3 gir en oversikt over ulike batterikapasiteter som er aktuelle for sambandet, med de fordeler og ulemper disse medfører. Det bemerkes at alternativ 1. og 2. er like i installert batterikapasitet, men hvor hovedforskjellen ligger i ladestrategi. For alternativ 1. legges det opp til ladning ved hver rundtur, mens for alternativ 2. er det foreslått ladning ved hjemmehavn ca. hver time, eller når batteri ligger på 30% restkapasitet.

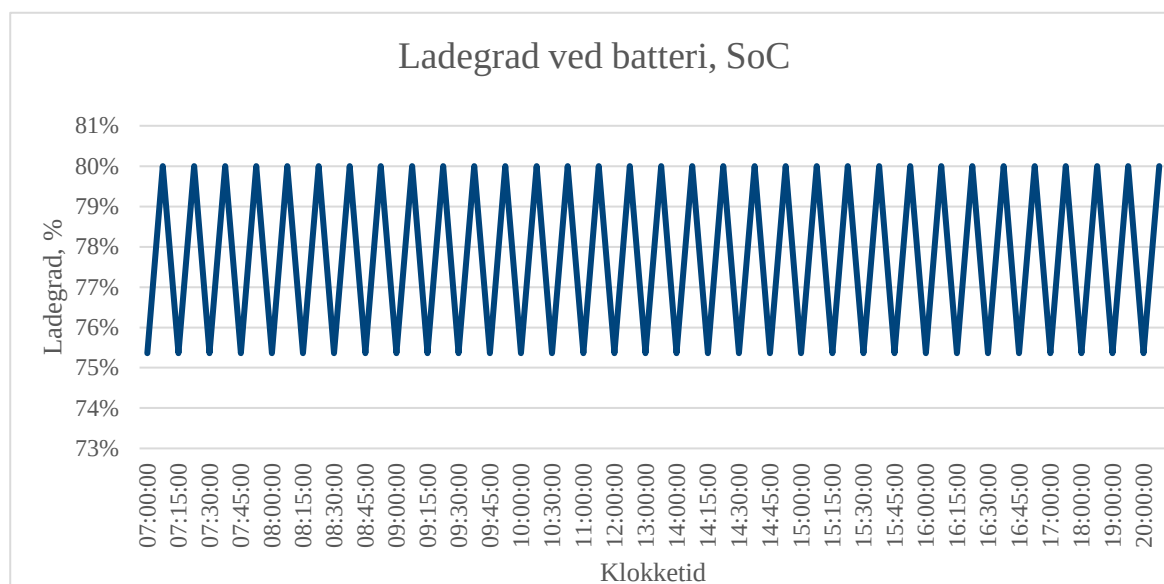
Tabell 3-3: Alternative batterikapasiteter – spesifikasjon, fordeler og ulemper

Alternativ	Spesifikasjon	Fordeler	Ulemper
1. Liten batterikapasitet som krever ladning etter hver rundtur	Batterikapasitet: 100 kWh Maks C-rate ved ladning: 2 C-rate ved bruk: 1,5. En ladning per rundtur. Ladekapasitet 200 kW.	Liten batteripakke, lav investeringskost. Kan opprettholde høy ladegrad på batteriet (dvs. liten "ned-tapping" av batteri).	Kort rekkevidde Lite fleksibilitet. Mange ladeoperasjoner. Dedikert lader vil stort sett være i bruk. Ingen eller få andre brukere.
2. Liten batterikapasitet som krever ladning flere ganger i løpet av dagen.	Batterikapasitet: 100 kWh Maks C-rate ved ladning: 2 C-rate ved bruk: 1,5. Ladning ved SoC* < 30%. Ladekapasitet 200 kW. *SoC – State of Charge, ladegrad på batteriet, 0-100%	Liten batteripakke, lav investering. Relativt få ladeoperasjoner per skift. Ledig kapasitet i ladestasjon kan eventuelt benyttes av andre brukere.	Kort rekkevidde og liten operasjonell fleksibilitet. Høy ladeeffekt krever høyere C-rate på batteri og høyere ladeeffekt på land
3. Stor batterikapasitet som kun lades over natten	Batterikapasitet: 700 kWh Maks C-rate ved ladning: < 0,5 Ladning over natten. Ladekapasitet 100 kW	Lang rekkevidde Ingen ladeoperasjoner på dagtid. Utnytte ladestasjon kun på natt. Lavere tariffer. Ledig kapasitet i ladestasjon kan eventuelt benyttes av andre brukere. Lang ladetid gir moderat krav til ladekapasitet på land.	Stor batteripakke, høye investeringskostnader. Stor variasjon på ladegrad på batteriet, redusert levetid på batteri. Betydelig vektøkning på skip som gir økt energiforbruk. Behov for større batterirom om bord.

For alternativene er det satt en øvre og nedre ladegrense på henholdsvis 80% og 30% av nominell batterikapasitet. Det betyr at nyttbart energiuttak fra batteriet vil være ca. 50% av nominell batterikapasitet, noe som gir høyde for degradering av batteriet over dets levetid. Eksakt spesifisering for batteri må avklares med aktuell batterileverandør ved detaljprosjektering av fartøy. For de tre alternativene ovenfor er det satt opp regneeksempler på nødvendig batterikapasitet ved ulike ladestrategier.

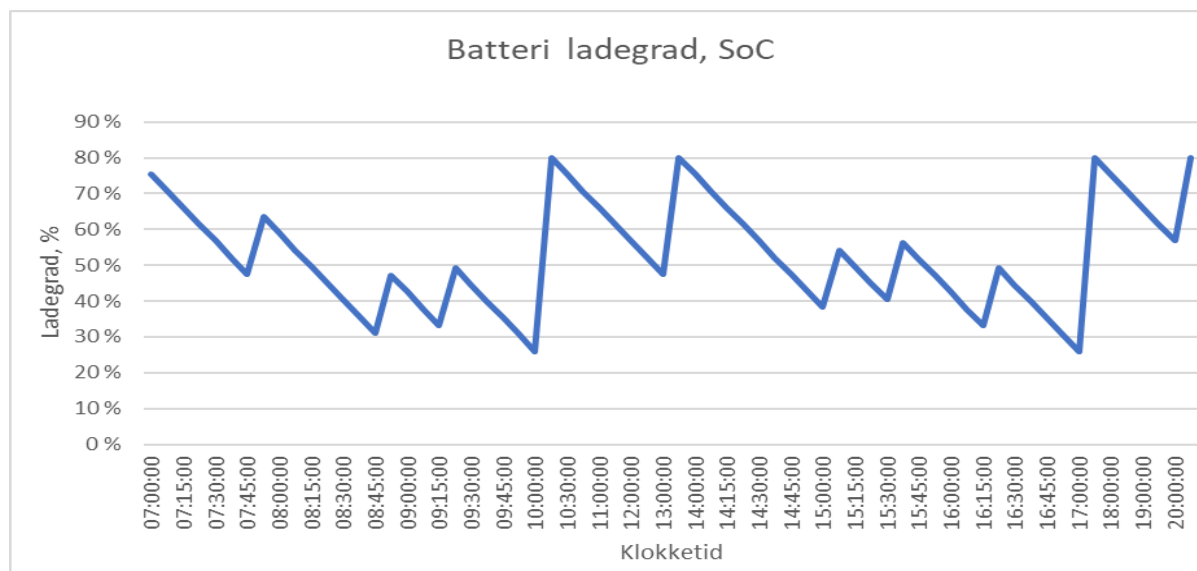
Alternativ 1 og 2 har samme kapasitet i båt og på land, men ulike strategier for ladning er lagt til grunn, og hvor begge kan fungere bra. Det bemerkes at ved et slikt oppsett vil rekkevidde for skipet ved bortfall av relativt hyppig ladning bli begrenset. Dette vil i sin tur påvirke anvendelse av skipet til annen trafikk eller tjeneste, da maksimal operasjonstid vil være ca. 2 timer før ladning må påberegnes.

For alternativ 1 legges til grunn ladning ved hvert anløp til Kirkelandet. Dette gir en høy gjennomsnittlig ladegrad på batteriet, og med de forutsetninger som er satt vil denne variere mellom ca. 75-80%.



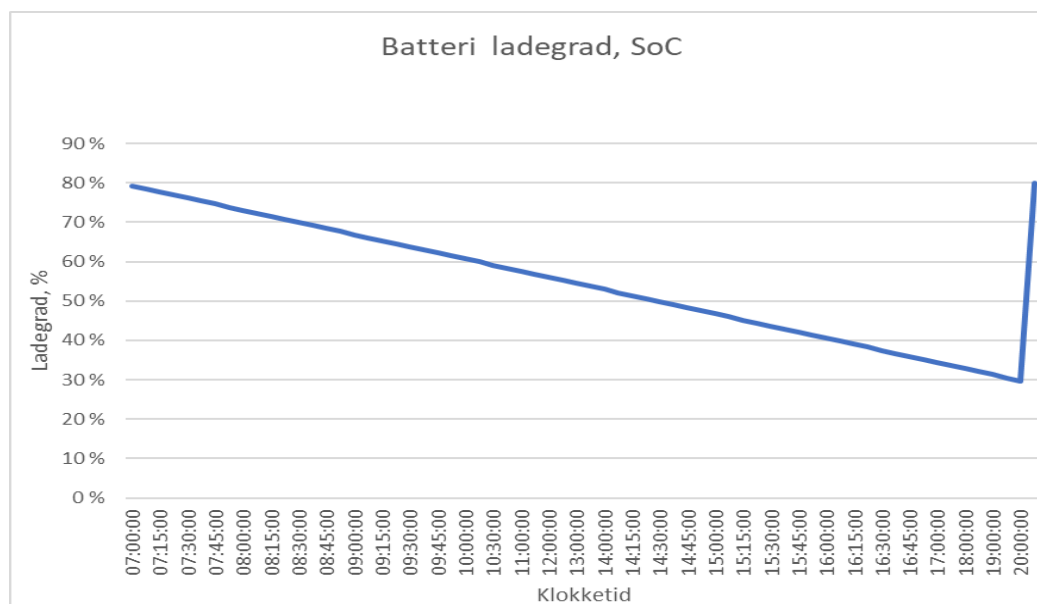
Figur 3-5: Ladestatus på batteri over en arbeidsdag. Ladesyklus basert på lading i hjemmehavn ved hvert anløp. Batteristørrelse: 100 kWh. Ladekapasitet: 200 kW

For alternativ 2 lades det ca. hver time. Ved 15 minutters frekvens vil det ikke være tilstrekkelig ladekapasitet til å full-lade batteriet. Dette medfører en gradvis utladning ned mot ca. 30% ladegrad inntil første lengre kaiopphold hvor det er tilstrekkelig lang liggetid til at batteriet kan full-lades. Hvis ladeeffekt økes vil det kunne overføres mer strøm ved hver ladning, men det medfører krav til at det benyttes batteri med større C-verdi.



Figur 3-6: Ladestatus på batteri over en arbeidsdag. Ladesyklus basert på lading i hjemmehavn ca., hver time, eller når batteri ligger på 30% restkapasitet. Batteristørrelse: 100 kWh. Ladekapasitet: 200 kW

Alternativ 3 vil kreve betydelig større installert batterikapasitet, og en vil da kunne operere skipet gjennom en hel dag uten ladning. Batteriet lades på nattetid og det vil kreve liten ladeeffekt når en har lang tid til disposisjon for ladning. I eksemplet er det satt en ladeeffekt på 100 kW. Videre, og sammenlignet med alternativ 1 og 2, vil alternativ 3 kunne benytte et batteri med lavere C-verdi.



Figur 3-7: Ladestatus på batteri over en arbeidsdag. Ladesyklus basert på ladning i hjemmehavn over natten. Ingen ladning på dagtid. Batteristørrelse: 600 kWh. Ladekapasitet: 100 kW

3.4 Redundans

Batterielektrisk system må arrangeres slik at det sikres redundans. Det betyr splittet hoved-tavle og to individuelle batteripakker som forsyner hver sin truster, men som også kan krysskobles for å sikre redundans i det elektriske systemet.

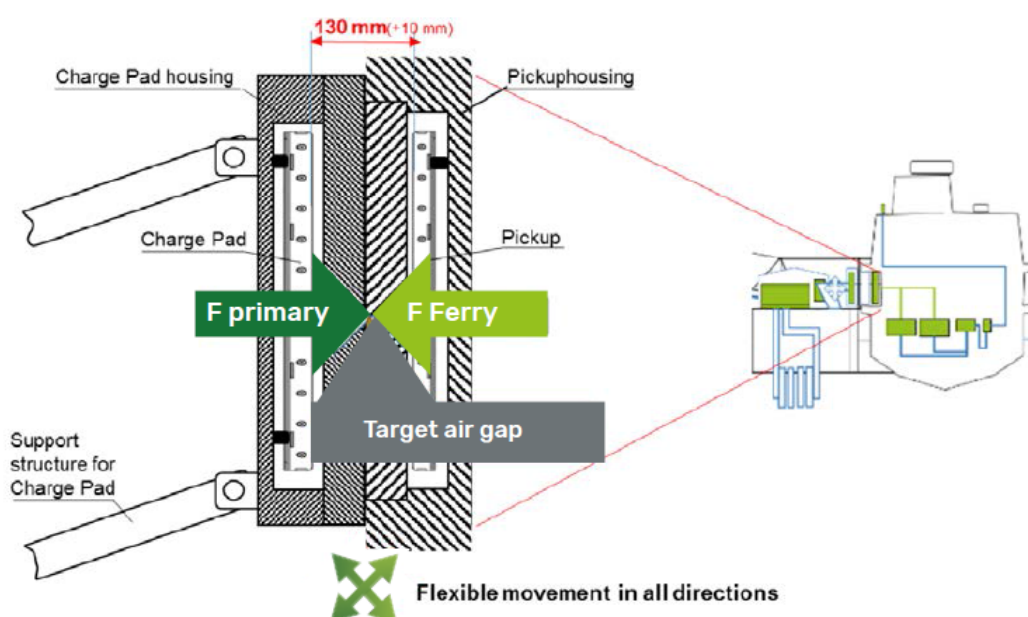
Det bør inkluderes en dieselgenerator for nødstrøm og rekkeviddeforlenger/redundans. Dette vil sikre fleksibilitet og mulighet for seiling uten at ladning er tilgjengelig, f.eks. i forbindelse med verkstedopphold. For denne skipstypen anslås et 40-50 kW generator-sett å være tilstrekkelig til dette formålet. Generator-settet må kobles til hovedtavle og kunne lade batteri.

3.5 Kraftbehov og aktuell ladeinfrastruktur

Det kreves relativt lave lade effekter for elektrisk drift av pendelfergen. Autonom drift vil kreve automatisk ladning og det er flere aktuelle løsninger i markedet i dag. I en overgangsfase vil det minimum være en skipsfører om bord, og det gjør manuell tilkobling av ladekabel mulig. Mulige ladeløsninger kan være:

Manuell tilkobling med kabel/plugg	Av operasjonelle hensyn sannsynligvis mest aktuelt ved batteri-alternativ 3, hvor det legges opp til ladning kun en gang i døgnet.
- Induktiv ladning - Automatisk ladeoppkobling via plugg	Av operasjonelle hensyn sannsynligvis mest aktuelt ved batteri-alternativ 1 og 2, hvor det legges opp til ladning kun en gang i døgnet

Hvis automatisk system skal velges uten at mannskap skal koble til ladekabel kan det benyttes induktiv ladning eller automatisk tilkobling av plugg. Eksempel på induktiv ladning demonstrert i Fredrikstad for 50 passasjers båt, ("Go'vakker Elen"). Her er det arrangert et induktivt ladesystem på 100 kW, se Figur 3-9. og Figur 3-9.

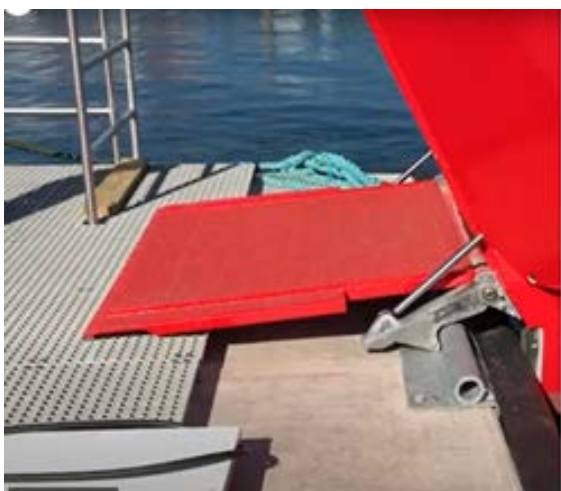


Figur 3-8: Induktiv ladning av mindre passasjerbåt – prinsippskisse /4/



Figur 3-9: Induktiv ladning av mindre passasjerbåt –foto av ladesystem, /4/

I tillegg til automatisk induktiv ladning er det anordnet automatisk fortøyning ved at fall-lem på ferja utløser en låsemekanisme/låseklo som holder båten i ro.

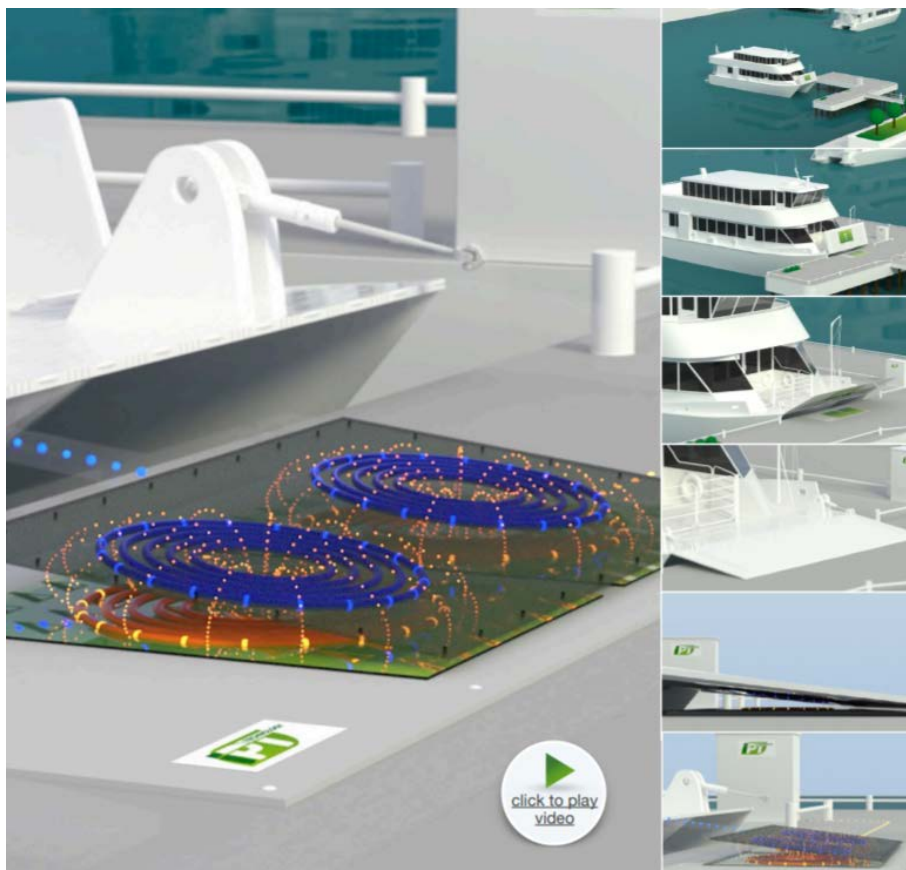


Figur 3-10 – Automatisk fortøyning med klo-låsing ved hjelp av fall-lem på passasjerbåten "Go'Vakker Elen", /4/

For det aktuelle ladesystem som er benyttet i Fredrikstad er ladeeffekt 100 kW, men dette kan økes ved å benytte flere systemer i parallell. Leverandør oppgir virkningsgrad for ladesystemet til 92-94%.

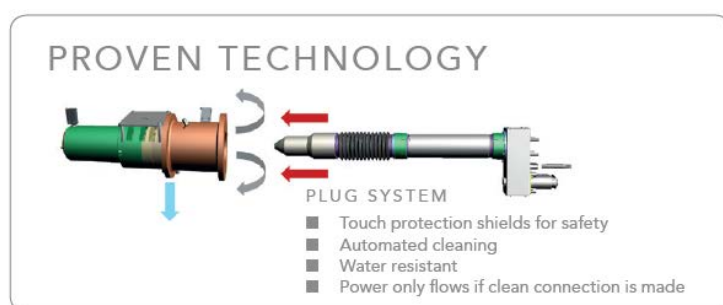
Tilkobling fra land og til skip er vanligvis 400V 3-fase spenning.

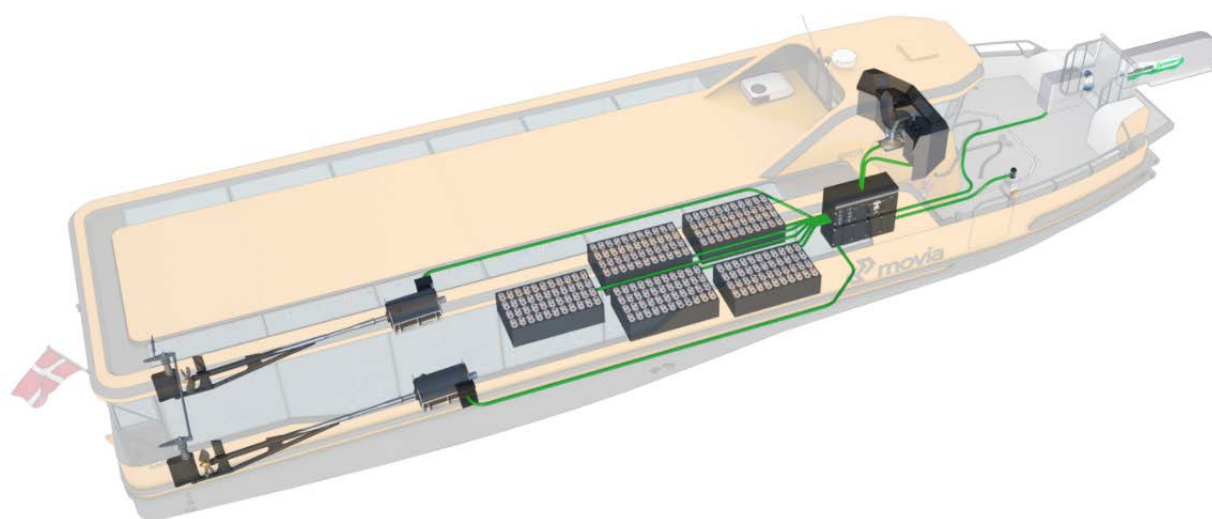
Det finnes også løsninger hvor denne anordningen er kombinert med induktiv ladning, slik at fall-lem også er selve "ladeplaten" for den induktive løsningen som da må integreres i kai (Figur 3-11).



Figur 3-11: Induktiv ladning med integrert fall-lem operasjon, /4/ .

Eksempel på automatisk ladetilkobling med plugg er demonstrert på byferger som er satt i drift i København. Disse kobles automatisk til ladestasjon via en elektrisk plugg slik vist i Figur 3-12.





Figur 3-12: Eksempel på automatisk ladeløsning for mindre fartøy, /3/

For manuell ladning kan billaderteknologi benyttes, og det finnes ladere på hele 350 kW som kan benyttes med enkel standard grensesnitt slik som for biler (Figur 3-13). Ionity er et eksempel på leverandør av slike ladere og disse er bygget ut flere steder i Norge. For pendelfergen i Kristiansund vil det ikke være behov for store ladeeffekter. Oppkoblingstid for en slik lader vil være kort, og vil derfor være et godt alternativ i en tidlig fase av et pendelfergeprosjekt hvor sikkerhetsansvarlig om bord kan plugge inn ladekabel etter siste avgang for dagen er gjennomført.



Figur 3-13: Eksempel på bil-lader med CCS type 2 grensesnitt, /5/

4 Brukercase Ålesund – Hurtigbåt Ålesund-Langevåg

I dette kapittelet utledes krav til fremdrifts- og propulsjonssystem for to ulike skips-løsninger for betjening av ruten. En ett-skips løsning tilsvarende dagens størrelser (147 pax), og en to-skips løsning (99 pax).

4.1 Skipskonsept og rutebeskrivelse

Brukercase for Ålesund representerer en betydelig modernisering av eksisterende hurtigbåtsamband mellom Ålesund og Langevåg. Dagens rute er omtalt som en pendlerrute, noe analyser av passasjerstastikk gir et tydelig inntrykk av (/6/ Borgen, et al., 2022). Pågangen av passasjerer er størst om morgenen og på ettermiddagen. Det vil derfor være et betydelig behov for å opprettholde denne tjenesten også i fremtiden.

• Skipsdesign: Katamaran, Hurtiggående • Fartsområde: 1 • Passasjerkapasitet: - o 147 personer/ - o 2 skip à 99	• Estimert seilingstid: <10 minutter • Seilingsdistanse: 3,8 km • Estimert snutid: 5 min • Estimert seilingshastighet: +/- 20 knop
	

Figur 4-1: Konseptuell illustrasjon av brukercase Ålesund (Illustrasjon av fartøyskonsept: Br. Aa).

Case-skip er eksisterende hurtigbåt som opererer i fast rute mellom Ålesund og Langevåg. Denne ruta betjenes i dag av MS Nørvøy og har følgende hovedspesifikasjoner:

Parameter	Beskrivelse, spesifikasjon
Fartøy navn	MS Nørvøy
Fartsområde	4
Konsept	Katamaran, karbonfiber
Kapasitet	147 PAX
LOA	25,9 m
Bredde	8,8 m
Fart	25 knop
MDO	4900 l
Hovedmotorer	2 x MTU 8V 2000 M72 (2 x 720 kW)
Gir	2 x Servogear HD220
Propulsor	2 x Servogear Ecoflow CPP
Hjelpemotorer	2 x John Deere

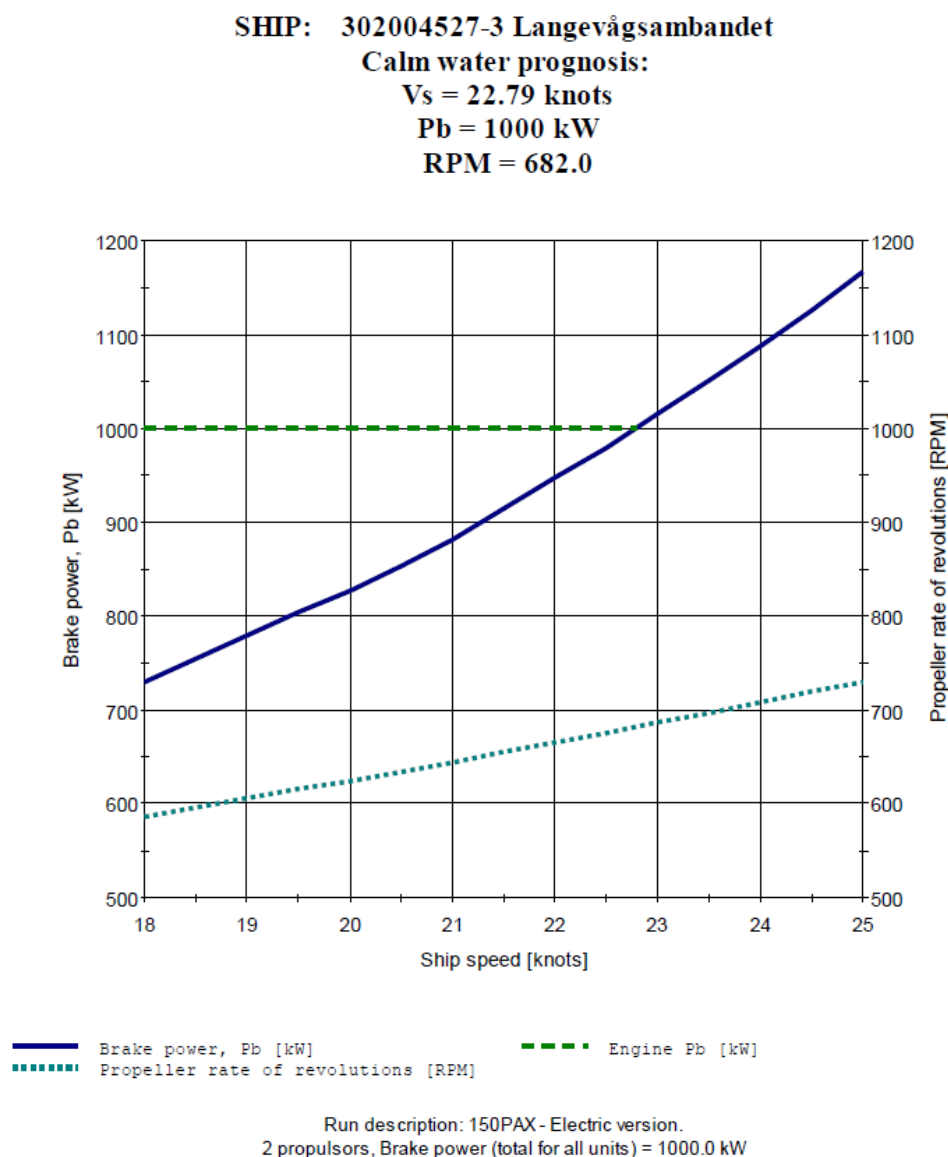
Det bemerkes at eksempelskipet ovenfor er utredet for drift på alternative drivstoff i Klimasats-prosjektet, /2/ hvor løsningene beskrevet i sluttrapporten til nevnte prosjekt danner basis for maskinerisystemene om bord.

4.2 Krav til fremdrifts- og propulsjonssystem – 147 pax fartøy

Klimasatsprosjektet /2/ konkluderer med at ruta Langevåg-Ålesund er godt egnet til elektrisk drift. I dette prosjektet er det tatt utgangspunkt i data fra klimasatsprosjektet, men det er gjort supplerende analyser som gir noe avvik knyttet til kraftbehov for fartøyet. Dette skyldes at fartsprognose for estimering av energibehov har tatt utgangspunkt i et litt tyngre fartøy enn hva som var forutsatt i klimasatsprosjektet. I tillegg er det vurdert en alternativ løsning med to mindre fartøy med kapasitet 99 pax.

4.2.1 Fartsprognose, 147 pax

Som for pendelfergen er det beregnet en fartsprognose med dataprogrammet ShipX, hvorpå en mer detaljert gjengivelse av resultatene finnes i rapport L2.1 (Borgen, et al., 2022). Data er vist i Figur 4-2



Figur 4-2 – Fartsprognose, stille vann - hurtigbåt, Langevågsambandet, 147 pax

Ifølge fartsprognosen oppnås design hastighet på ca. 22,8 knop ved akseleffekt på 1000 kW. Gjennomsnittsfart i ruta i transitt er satt til 21 knop. I beregninger av energibehov for en overfart er det lagt til 5% sjømargin.

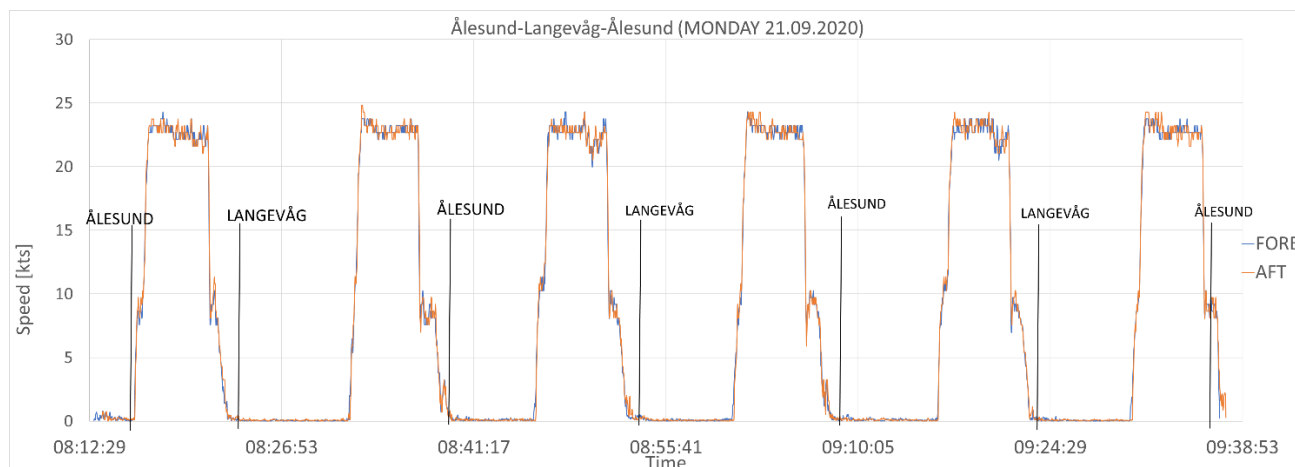
4.2.2 Driftsprofil og energiforbruk

Ruten kjøres fra 06:30 -20:15 på hverdager, men også på lørdager med lavere frekvens. Dagens rutetabell er vist i Tabell 4-1.

M/S Nørvøy tlf. 958 64 773			
23 Langevåg-Ålesund			
Overfartstid: ca. 10 min.			
Frå Langevåg	Frå Ålesund	Frå Langevåg	Frå Ålesund
Måndag - fredag		Lørdag	
0630	0645	-	-
0700	0715	-	-
0730	0745	-	-
0800	0815	-	-
0830	0845	-	-
0900	0915	-	-
0930	0945	0930	0945
1000	1045	1000	1045
1100	1145	1100	1145
1200	1245	1200	1245
1300	1345	1300	1345
1400	1415	1400	-
1430	1445	-	1445
1500	1515	1500	-
1530	1545	-	1545
1600	1615	1600	-
1630	1645	-	1645
1700	1715	1700	1715
1800	1815	-	-
1900	1915	-	-
2000	2015	-	-

Tabell 4-1: Eksisterende rutetabell, Langevåg-Ålesund, gule felt angir lang liggetid ved kai.

I Klimasats prosjektet ble blant annet driftsprofil på eksisterende rute kartlagt ved hjelp av målinger. Rutetabellen angir ca. 10 minutters overfart, men seilingstid er ca. 8 minutter. Dette gir en gjennomsnittlig terminaltid på ca. 7 minutter ved hver kai, og er i utgangspunktet det tidsrom en har til rådighet for lading.



Figur 4-3 - Driftsprofil for hurtigbåt på ruten Langevåg-Ålesund basert på målinger om bord, ref. Klimasatsprosjekt, /2/. y-akse, hastighet, x-akse klokkeslett

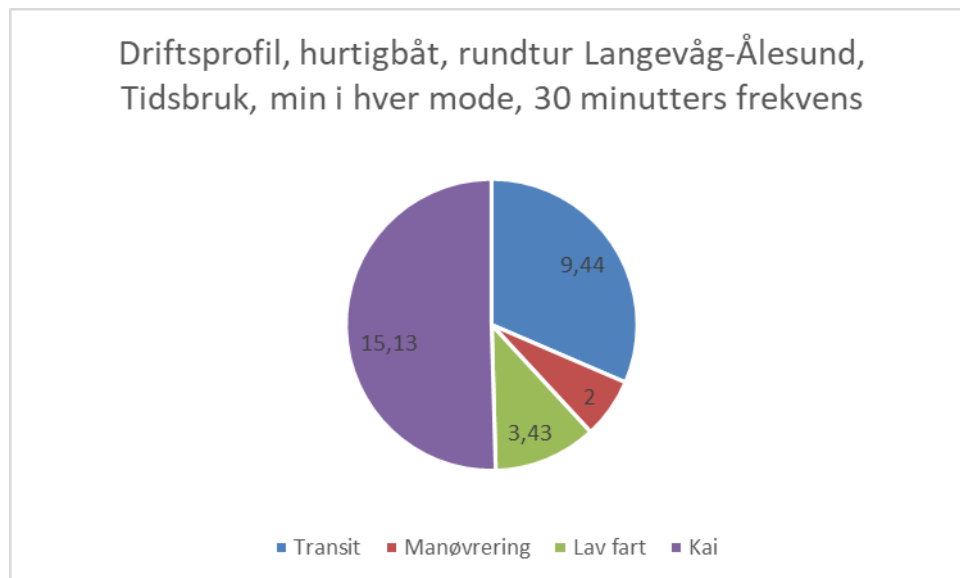
I klimasatsprosjektet er ulike strategier for ladning vurdert, og det er mulig å gjennomføre transporttjenesten ved ladning kun ved en kai. Dette fordrer derimot noe endring av ruten. Som for pendel-fergen bør hurtigbåten også tillegges en "hjemmekai" hvor den tilbringer mest tid for optimalisering av tilgjengelig ladetid. Den andre kaien benyttes dermed kun til omlasting før båten returnerer til "hjemmekai".

En slik strategi gir tilnærmet 2 minutter til påkobling/frakopling og 10 minutters ladetid ved en kai, og kun 2 minutters oppholdstid til avstigning/påstigning på den andre kai. Dette kan oppnås ved en gjennomsnittlig hastighet i transitt på 21 knop.

Følgende driftsmodi med tilhørende anslag vedrørende effektbehov er definert:

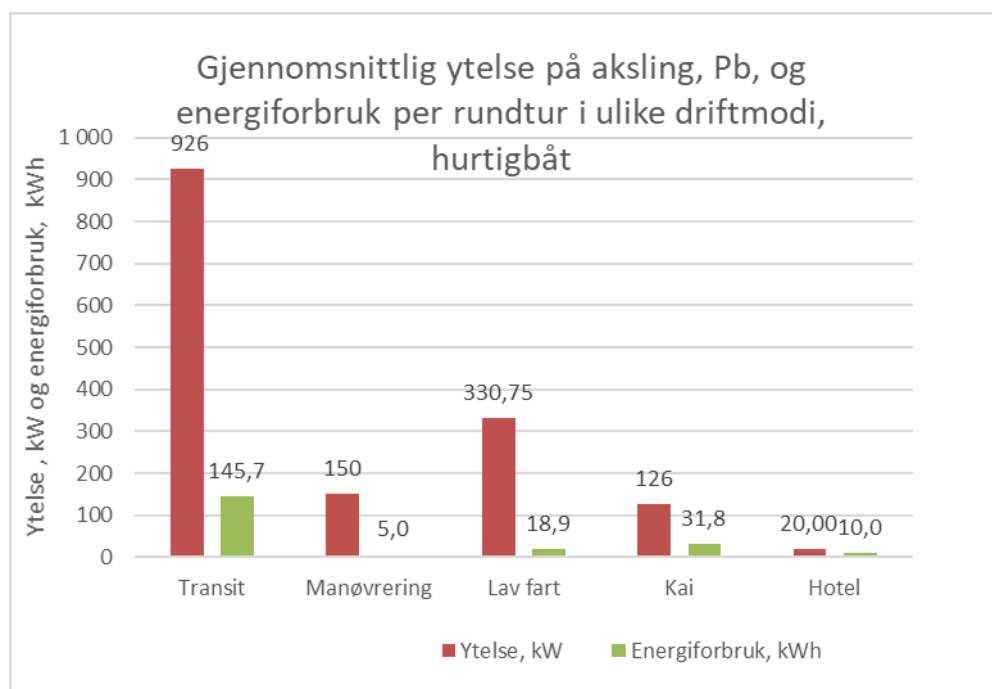
- Transitt: 926 kW akseffekt, inkl. 5 % sjømargin
- Manøvrering: 150 kW
- Lav fart: 331 kW
- Ved kai: 126 kW (ved automatisk fortøyning vil denne sannsynligvis være betydelig lavere)
- Hotell: 20 kW (kontinuerlig)

Driftsprofil for 30 minutters frekvens ved gitt rute er satt opp i Figur 4-4, hvor tidsforbruk er angitt i minutter for hver driftsmodus.



Figur 4-4 - Driftsprofil for hurtigbåt, rundtur, 30 min. frekvens

Gjennomsnittlig energiforbruk er estimert med basis i informasjon fra Klimasatsprosjektet og vist i Figur 4-5.



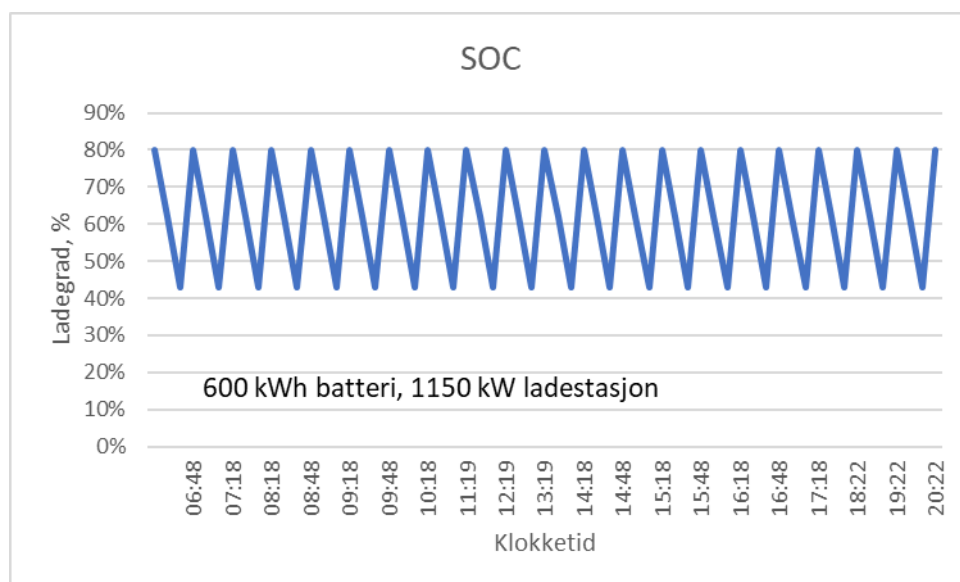
Figur 4-5 – Gjennomsnittlig ytelse på aksling og energiforbruk i ulike driftsmodi, 147 pax

Gjennomsnittlig ytelse på aksling og energiforbruk i ulike driftsmodi er beregnet ut fra driftsprofil fremkommet i Klimasatsprosjektet, men data fra fartsprognose gjennomført i dette prosjektet er benyttet for å estimere ytelsesbehov.

4.2.3 Dimensjonering av energisystemet om bord

Forutsatt elektrisk drift må dimensjonering av batteri- og ladesystem tilpasses energiforbruk om bord. Typisk energiforbruk for en overfart er estimert til 105 kWh (dvs. 210 kWh per rundtur), som er noe høyere enn estimert i Klimasats, men det påvirker ikke øvrige spesifikasjoner. Propulsjonsmotorer er på 2x500kW, og foreslått batteripakke på 600 kWh.

Klimasatsprosjektet har vurdert ladestrategi for konseptet og det vil være mulig å drifte båten med en ladning per rundtur. Det vil si at ladning foregår i en definert hjemmehavn. For å oppnå lengst mulig ladetid bør rutetabell tilpasses slik at båten får lang liggetid ved kai på den siden der batteriene lades og kortest mulig opphold for ombord og avstigning på motsatt side. Ladegrad for batterier med basis i estimert forbruk og tilpasset rute slik beskrevet i dette prosjektet vises i Figur 4-6, hvor det er satt en øvre ladegrad på 80% av nominell batterikapasitet. For å oppnå en slik brukssyklus kreves såkalte power-typen batterier. Krav til C-rate for et slik batteri vil være på ca. 1,5-2,0 for ladning og utladning. Eksakt batterispesifikasjon må fastsettes gjennom en detaljspesifikasjon i dialog med leverandør.



Figur 4-6 – Ladegrad over en dags drift for batteri på hurtigbåt katamaran i ruten Langevåg-Ålesund, en ladning per rundtur, 147 pax

4.2.4 Redundans

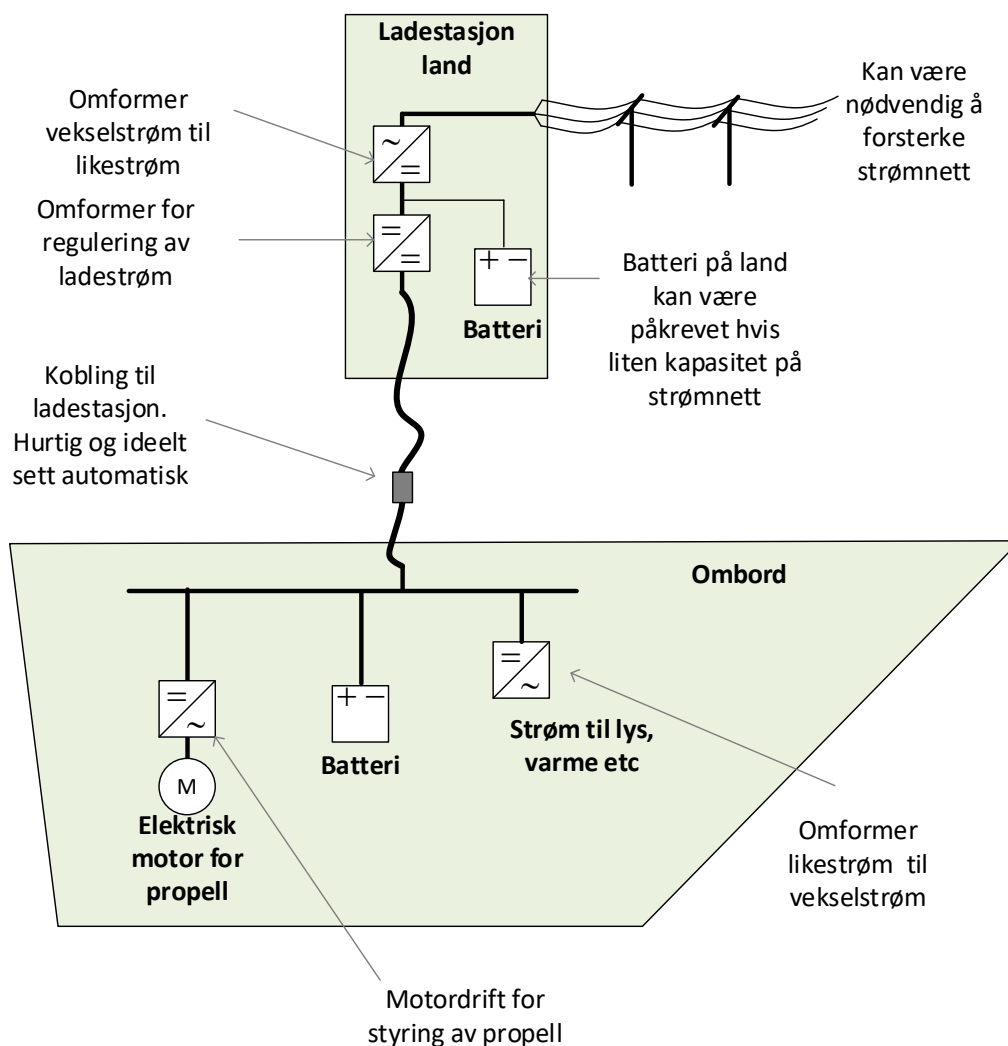
Batterielektrisk system må arrangeres slik at det sikres redundans. Det betyr splittet hovedtavle og to individuelle batteripakker som forsyner hver sin truster, men som også kan krysskobles for å sikre redundans i det elektriske systemet.

Det bør inkluderes en dieselgenerator for nødstrøm og rekkeviddeforlenger/redundans. Dette vil sikre fleksibilitet og mulighet for seiling uten at ladning er tilgjengelig, f.eks. i forbindelse med verkstedopphold. I Klimasatsprosjektet er det foreslått en løsning med 2x150 kW genset.

4.3 Ladeinfrastruktur

I beregninger er det lagt til grunn en ladeeffekt på kai på 1150 kW DC. Ladesystemer for slike effekter er kommersielt tilgjengelig.

I Klimasatsprosjektet er det avklart tilgjengelig nettspenning på landsiden på 690 V AC. Prinsippskisse for ladning er illustrert nedenfor (Figur 4-7), og består av ladestasjon på land med omformer fra vekselstrøm til likestrøm, ladekobling og tavle/batterisystem om bord.



Figur 4-7: Prinsippskisse for ladning av skip, system på land og om bord i båt (Kilde: Sintef Energi)

Automatisk ladning kan etableres både som induktive ladesystem og automatisk tilkobling av ladeplukk. Alternativt kan en løsning med semi-manuelt ladetårn installeres og hvor mannskap må koble til ladeplugg slik beskrevet i klimasatsprosjektet.

Eksempel på ladetårn med ladeplugg og automatisk ladeplugg som er benyttet på ferger i Norge er vist i Figur 4-8.



Figur 4-8: Eksempel på ladetårn med ladeplugg (venstre) og automatisk ladekobling(høyre). Ref.: <https://www.cavotec.com/en/your-applications/ports-maritime/automated-mooring/electric-vessels>

Grad av autonomi og tilgjengelighet på mannskap vil være viktig premissgiver for valg av ladeløsning. Undersøkelser gjort i Klimasatsprosjektet konkluderer med at det både i Ålesund og Langevåg er tilstrekkelig kapasitet i dagens strømnnett til ladning av hurtigbåt som beskrevet, men det vil kreve investeringer i ladestasjon ved kaikant, ny transformator og fremføring av kabler.

4.4 Krav til fremdrifts- og propulsjonssystem – 99 pax fartøy

For ruten Langevåg-Ålesund er det også vurdert en løsning med to fartøy hvor hvert skip har en passasjerkapasitet på 99 pax (i tillegg kommer bemanning på 2 personer).

Preliminær spesifikasjon av dette fartøyet er gitt i /6/ .

- Hoveddimensjoner som eksisterende konvensjonell hurtigbåt Rygerprins.
- Elektriske fremdriftsmotorer på 2x400 kW som driver to vribare propeller.
- Diesel-generatorer 2x120 kW som hjelpemaskineri for redundans
- 20% økning av lettskip som følge av batteri-elektrisk løsning vs. konvensjonell diesel-mekanisk.

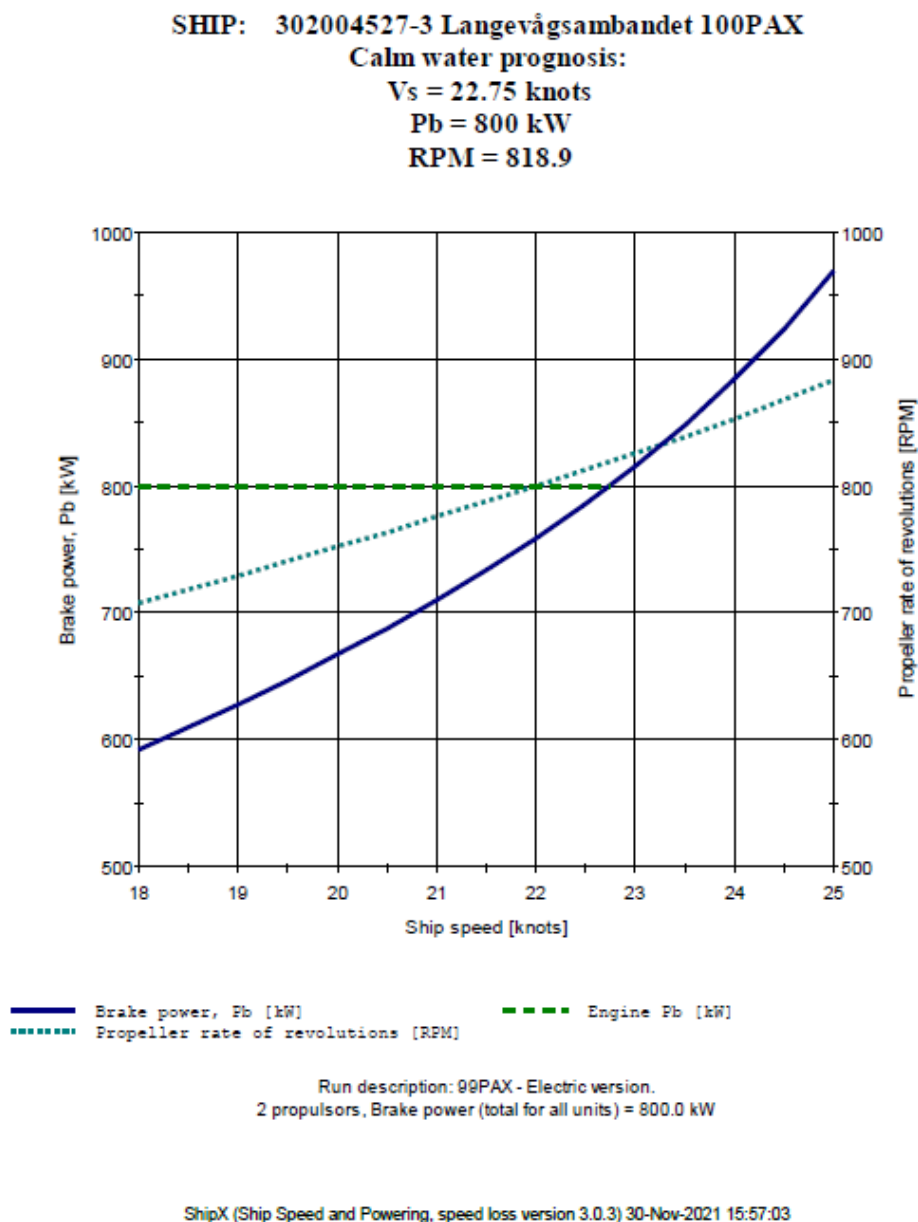
Tabell 4-2: Hovedparameter for hurtigbåt-konseptet 100 pax (referansefartøy Rygerprins).

Hoveddimensjoner				Ytelse [kW]	
L [m]	B [m]	T [m]	H [m]	Elektrisk fremdrifts- motor	Generator
21.0	7.8	1.0	2.4	2x400	2x120

L= Lengde, B=Bredde, T=Dypgang, H= Høyde fra kjøll til hoveddekk

4.4.1 Fartsprognose

Det er beregnet en fartsprognose for 99 pax hurtigbåt med basis i Sintef Oceans database. Resultater er vist i Figur 4-9



Figur 4-9 – Fartsprognose 99 pax hurtigbåt

For den aktuelle løsningen vil 2x400 kW propulsjonsmotorer kunne oppnå designhastighet på 22,75 knop. Gjennomsnittsfart i ruta i transitt er ca. 21 knop og vil være den samme som for 150 pax alternativet.

4.4.2 Driftsprofil og energiforbruk for 99 pax hurtigbåt

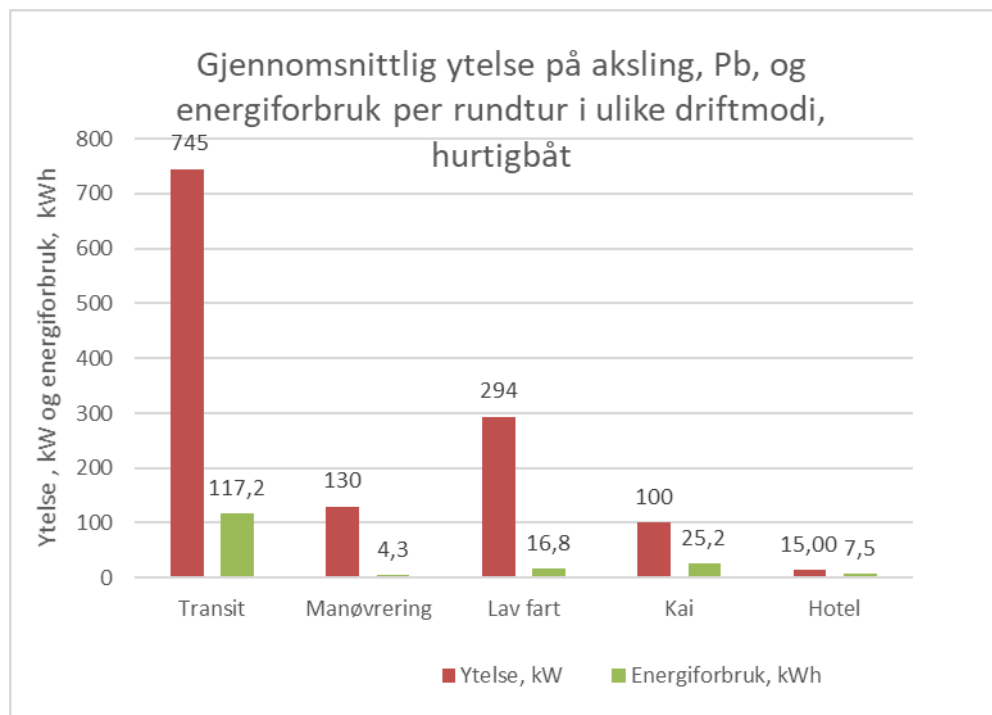
Det er lagt opp til at eksisterende rute skal benyttes, men tilpasset slik beskrevet for 150 pax versjon slik at frekvens på hver enkelt båt blir som for 150 pax alternativet. For rute-sambandet vil dermed antall avganger per dag doubles, slik at det blir 15 minutters frekvens på avganger i rush-tiden morgen og ettermiddag (Tabell 4-3). Eksakt avgangstidspunkt må tilpasses valg av ladeløsning. Ved lading i "hjemmehavn" må det etableres ei rute som har lang liggetid i hjemmehavn og kort tid i den andre havna for iland- og ombordstiging.

Tabell 4-3: Forslag til rute – 2-skips løsning

Tid	Rutetabell med økt frekvens i rushtiden (RT2)		
	Langevåg	Ålesund	
6.30	A	B	Høy frekvens, avgang hvert 15. minutt.
6.45	B	A	
7.00	A	B	
7.15	B	A	
7.30	A	B	
7.45	B	A	
8.00	A	B	
8.15	B	A	
8.30	A	B	
8.45	B	A	
9.00	A	B	
9.15	B	A	
9.30	A (S)	B	
9.45	B	A (S)	Lav frekvens, avgang hvert 60. minutt
10.00	A (S)		
10.45		A (S)	
11.00	A (S)		
11.45		A (S)	
12.00	A (S)		
12.45		A (S)	Høy frekvens, avgang hvert 15. minutt.
13.00	A (S)	B	
13.45	B	A (S)	
14.00	A (S)	B	
14.15	B	A	
14.30	A	B	
14.45	B	A (S)	
15.00	A (S)	B	
15.15	B	A	
15.30	A	B	
15.45	B	A (S)	
16.00	A (S)	B	
16.15	B	A	
16.30	A	B	Lav frekvens, avgang hvert 60. minutt
16.45	B	A (S)	
17.00	A (S)	B	
17.15	B	A (S)	
18.00	A		
18.15		A	
19.00	A		Lav frekvens, avgang hvert 60. minutt
19.15		A	
20.00	A		
20.15		A	

For hvert enkelt fartøy vil samme driftsmodi og oppholdstider som for 150 pax fartøy legges til grunn i estimering av energibehov. Følgende driftsmodi med tilhørende anslag vedrørende effektbehov er benyttet for 99 pax hurtigbåt:

- Transitt: 745 kW akseleffekt, inkl. 5 % sjømargin
- Manøvrering: 130 kW
- Lav fart: 280 kW
- Ved kai: 100 kW (ved automatisk fortøyning vil denne sannsynligvis være betydelig lavere)
- Hotell: 15 kW (kontinuerlig)

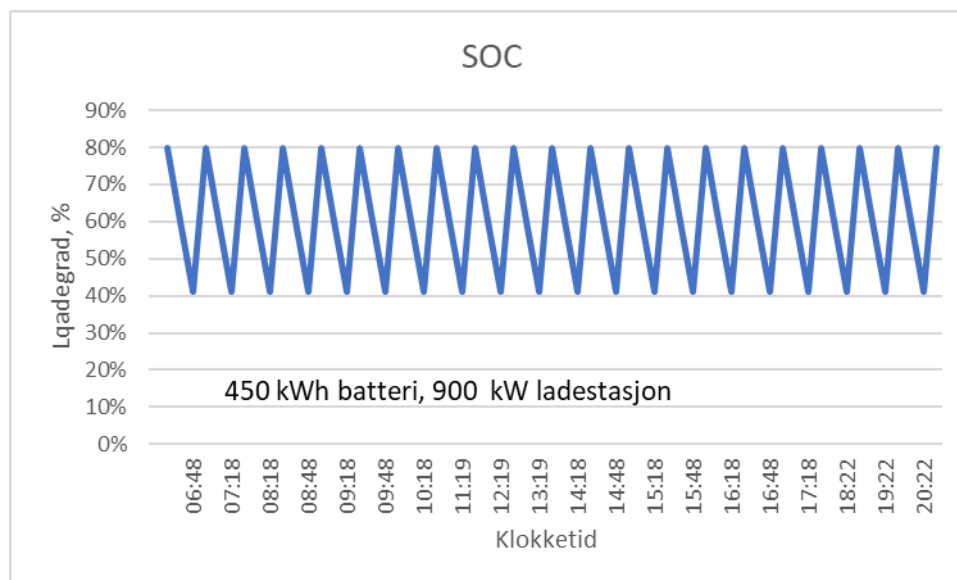


Figur 4-10 – Gjennomsnittlig ytelse på aksling og energiforbruk i ulike driftsmodi, hurtigbåt 99 pax.

Akkumulert energiforbruk for en rundtur for 99 pax konseptet er estimert til ca.170 kWh og det gir et dagsforbruk på ca. 4.000 kWh per fartøy.

4.4.3 Dimensjonering av energisystem om bord

Med disse forutsetningene vil nødvendig energilager om bord være ca. 450 kWh, og ladestasjon bør være minimum 900 kW. Eksempel på ladegrad (SoC) for batteri på 99 pax båten er vist i Figur 4-11.



Figur 4-11 – Ladegrad over en dags drift for batteri på hurtigbåt katamaran, 99 pax, ruten Langevåg-Ålesund, en ladning per rundtur.

Ladegrad for 99 pax hurtigbåt med 450 kWh batteripakke og ladestasjon på 900 kW vil variere mellom 40 og 80% slik vist i Figur 4-11 når det antas en ladning per rundtur. Krav til C-rate for et slik batteri vil være på ca. 1,5-2,0 for utladning og ladning. Eksakt batterispesifikasjon må fastsettes gjennom en detaljspesifikasjon i dialog med leverandør.

Med to fartøy i drift blir det høy utnyttelsesgrad på ladestasjon, men rutetabell må sannsynligvis tilpasses slik at det oppnås tilstrekkelig liggetid ved ladestasjon for hvert fartøy i rush-tiden. Hvis slik rutetilpasning blir uhensiktsmessig, kan det gjøres tilpasninger på teknisk spesifikasjon slik at rammebetingelser som stilles til ruten knyttet til frekvens og liggetid ved kai blir optimal. Hvis ruten utvides frem til kl 23:00 med en båt i drift og med times frekvens vil det være god tid til å lade mellom hver tur i denne perioden.

Ladeinfrastruktur for 99 pax hurtigbåt vil i prinsippet bli som for en større båt, men med noe lavere effekt på ladekapasitet, og for denne brukercasen er det estimert en ladestasjon på 900 kW. Dette er litt lavere enn for en større båt, men samme type ladeløsning vil være aktuell også for dette fartøyalternativet.

4.4.4 Redundans

Batterielektrisk system må arrangeres slik at det sikres redundans. Det betyr splittet hovedtavle og to individuelle batteripakker som forsyner hver sin truster, men som også kan krysskobles for å sikre redundans i det elektriske systemet.

Det bør inkluderes en dieselgenerator for nødstrøm og rekkeviddeforlenger/redundans. Dette vil sikre fleksibilitet og mulighet for seiling uten at ladning er tilgjengelig, f.eks. i forbindelse med verkstedopphold. I Klimasatsprosjektet er det foreslått en løsning med 2x120 kW genset.

5 Referanser

- /1/ Kristiansund Kommunale Sundbåtvesen KS, Sivilingeniør Jørgen Rødseth: Batteridrevet Sundbåt i Kristiansund. Forprosjekt. Et prosjekt støttet av Enova. Desember 2015.
- /2/ LMG Marin, SINTEF Ocean, Thema: Prosjektrapport. "Klimasats forprosjekt: Utslippsfritt hurtigbåtanbud. Sluttrapport". Dok. nr.: 409006-R-002. Revisjon: 02. Datert: 2021-05-21
- /3/ DAMEN SHIPYARDS GROUP,
https://archive.damen.com/en/news/2019/04/damen_and_arriva_extend_ferry_service_from_copenhagen_city_centre_to_port_area
- /4/ IPT Technology GmbH, brosjyre, DS9200-0049b-EN.
- /5/ Ionity, <https://ionity.eu/>
- /6/ Borgen, H., Holte, E.A., Pobitzer, A., (2022), Smartere Transport – Møre og Romsdal L2.1 Fartøyskonsept for autonom passasjertransport, SINTEF Ocean rapport OC2021 A-061, ISBN 978-82-7174-420-5
- /7/ Holte, E.A., Pobitzer, A., Borgen, H., Chu, Y. (2019), *Smartere Transport – Møre og Romsdal A1.1 Ståstedsanalyse*, SINTEF Ocean rapport OC2019 A-075, ISBN 978-82-7174-358-1
- /8/ Kleppe, P.S., Røssevold, S.S., Romundstad, S., (2019), *Smartere Transport – Møre og Romsdal L1.2 – Beskrivelse av brukercase*, NTNU Ålesund.
- /9/ Ulstein International AS (2019), *Vessel operation – Working document*, Pilot-T - Realisering av en Autonom og Prediktiv Passasjerferge (RAPP), støttet av Forskningsrådet og Innovasjon Norge.