



Rolls-Royce

**Research & Technology
Department**

Visiting address Sjøgata 98

N-6067 Ulsteinvik

NORWAY

Telephone +47 815 20 070

REPORT

Title

Drivstoff- og tidsforbruk ved passering av Stad og gjennom tunnel.

Report

RRM-R&T_18-005

Client

Havila Kystruten AS, Vanylven Utvikling AS

Author(s) of report: **Leif Vartdal, Leif Aarseth**

Revision No	Comprises	Approved by
		
Date.	Classification	
15. november 2018	Open	Rune Garen
Rolls-Royce order no	Page	

Abstract

Kvalitetssikrings-rapporten KS2 av Stad Skipstunnel (mai 2018) vurderer nytteverdi av tunnelen til å vere lågare enn tilsvarende KS1 rapport.

I sistnemnte rapport, som var utarbeida for Fiskeri- og kystdepartementet og Finansdepartementet (mars 2012), var anslaget for spart drivstoffkostnad større ved bruk av tunnel enn det som blir er presentert i KS2.

Forbruk av drivstoff og klimautslepp heng nøyne i hop. Miljø/klima-kostnader er estimert i KS2 men det er uklart for oss kva som er grunnlaget for berekninga.

I samanlikninga av forskjellar i drivstoff, utslepp og seglingstid mellom å passere Stadhavet eller gjennom tunnel, må ein vurdere lengda på ulike rutealternativ på Møre og Romsdal sida av Stad. Avhengig av utgangspunkt og destinasjon, kan ein gå ulike ruter på nordsida av Stad.

Denne rapporten presenterer bølgjestatistikk frå bølgjemålingsbøyer frå Stadhavet på 1980-talet og drøftar korleis bølgjefforholda påverkar endring i fart, tidsforbruk og effektrespons i framdriftsmaskineriet. Dette blir eksemplifisert med detaljerte loggedata frå samtidig måling av propulsjonseffekt og fart på fartøy som regelmessig passerer Stad.

Vidare er AIS data presentert med eksempel på passeringar av Stad og Nordvestlandet for ulike fartøy gjennom dei siste vekene. Dette viser at mange skip går ein lenger distanse for å unngå dei meir vêrutsette farleiene på ytre del av kysten. I eksempla som er presentert, var bølgje-varselet for Stad og kysten av Sunnmøre på normale nivå for signifikant bølgjehøgd ved lågtrykks-passasjar over Vestlandet for denne årstida.

AIS rutene viser også at fartstapet på Stadhavet er betydelig for eksempla som er studert.

Med ein skipstunnel vil fartøya som går den indre leia få ei kortare rute langs kysten mellom Måløy og Ålesund. Dette betyr mindre tidsforbruk og redusert forbruk av drivstoff med lågare utslepp av klimagassar.

For to av fartøya som er observert, ein 44 m lang brønnbåt og ein kjemikalietankar på 140 m, har vi sett på observert/berekna seglingstid, drivstoff-forbruk og CO₂ utslepp for dei faktiske rutene frå AIS data og samanlikna dette med ei alternativ tunnelrute.

Brønnbåten sparar 50 minutt på å gå i tunnel og reduserer samtidig forbruket av drivstoff og CO₂ utslepp med omlag 60%. For kjemikalietankaren vil tidsforbruket bli nesten likt for dei to rute-alternativa, men drivstoff og CO₂ vil bli redusert med rundt 30%. Total reduksjon i CO₂ utslepp for dei to fartøya ved å gå tunnelruta er berekna til 1.75 tonn. Dette tilsvarer omlag same mengde CO₂ som frå ein personbil med køyrelengde på 25000 km.

Postal address	Telephone - Telefon	e-mail - e-post	Telex	Telefax
Rolls-Royce Marine AS	+47 815 20 070	propulsion.ulstein	42 353 upsvc n	+47 700 14 014
Propulsion – Ulstein		@rolls-royce.com		
Service Box 22				
N-6025 Ålesund				

Innhold

1 Bakgrunn	4
2 Bølgjedata for Stad.....	6
2.1 Farlege bølgjer – Stad og Breisundet	8
3 Ruter for kysten nordom Stad og i fjordane innanfor.....	9
4 Analyser av samtidig måling av effektforbruk og fart ved passering Stad	13
4.1 Fart- og effektmålinger ved seglas rundt Stad.....	13
4.2 Fluktuerande motorbelastning på grunn av bølgjer.....	18
5 Drivstoff, tid og CO2 utslepp for ein brønnbåt og ein kjemikalietankar	19
5.1 ‘Rostein’ (LxB;44x10m) - 22. oktober 2018.	19
5.2 ‘Finnstraum’ (LxB;140x22) 3. november 2018.	24
6 Fartstap på Stadhavet og i skjerma farvatn nordom Stad for ulike skip	27
6.1 14. oktober 2018–Hs omlag 2 meter-sørvestlig. Fire fartøy (Vedlegg A).....	27
6.1.1 ‘Samba’ (LxB;130x21m)- Containerfartøy.....	27
6.1.2 ‘Grinna’ (LxB;116x17m)- General Cargo	27
6.1.3 ‘Havila Troll’ (LxB;92x18m)- Offshore fartøy.....	27
6.1.4 ‘Pioneer Knutsen’ (LxB;69x12m)- LNG Tanker	28
6.2 22. oktober 2018–Hs 4-5 meter. Tre fiskefartøy og ein brønnbåt (Vedlegg B).	28
6.2.1 ‘Rostein’ (LxB;44x10m) - Brønnbåt.....	28
6.2.2 ‘Gunnar Langva’ (LxB;71x14m) - Fiskebåt – Ringnot/trål.....	29
6.2.3 ‘Fiskeskjær’ (LxB;75x16m) - Fiskebåt – Ringnot/trål.....	29
6.2.4 ‘Straumbas’ (LxB;50x11m) Fiskebåt – Ringnot/trål.....	29
6.3 1. november 2018–Hs 3-4 meter. To fartøy (Vedlegg C)	29
6.3.1 ‘Mergus’ (LxB;100x16m) - Asfalt-tanker.....	29
6.3.2 ‘Falkaas’ (LxB;50x11m) - Fraktfartøy.....	29
6.4 3. november 2018–Hs 3-4 meter. Fire fartøy med forskjellig rute og kurs (Vedlegg D)	29
6.4.1 ‘KV Sandefjord’ (LxB;95x24m) - Offshore fartøy.....	29
6.4.2 ‘Fugro Gauss’ (LxB;69x13) - Forskningsfartøy.	29
6.4.3 ‘Green Atlantic’ (LxB;94x16) - ‘Reefer’ (kjøle/fryseri fartøy).....	30
6.4.4 ‘Finnstraum’ (LxB;140x22) - Olje- og kjemikalietankar.....	30
6.5 ‘Trollfjord’ (LxB;136x21.5). To eksempel på passering av Stad i grov sjø (Vedlegg E)	30

7 SLUTTKOMMENTARAR OG OPPSUMMERING	31
REFERANSAR	32
Vedlegg A : 14.oktober 2018; Hs 2-2.5m – fire fartøy.	33
Vedlegg B : 22.oktober 2018. Hs 4-5m. Tre fiskefartøy og ein brønnbåt.	38
Vedlegg C: 1.november 2018. Hs 1-2.5m. To fartøy.	41
Vedlegg D: 3.november 2018. Hs 3-4m. Fire fartøy på forskjellig rute og kurs.	44
Vedlegg E: ‘Trollfjord’. To eksempel på passering av Stad i høg sjø.....	47

1 Bakgrunn

Bølgjer og sjøgang har stor betydning for energiforbruk, klimautslepp og endring av fart. Dette er vel kjent gjennom praktisk erfaring og gjennom studiar fra marine forskningsinstitutt og modelltankar.

Det er mange spørsmål i marine fagmiljø om verknad av sjøgang og havmiljø på energiforbruk, drivstoff og fart for ulike skrog, framdrifts- og styresystem.

I 2005 etablerte Rolls-Royce Marine eit samarbeid med NTNU og SINTEF Ocean i Trondheim i 2005 med tittelen '*Performance in a Seaway*' ('Motstand og Framdrift i sjøgang') for å forske og heve kunnskapen på dette området.

Hovudmålet med vår forsking er å søke betre forståing for fysiske mekanismar som influerer på skrog og framdriftsystem under påverknad av bølgjer. Dette er nødvendig for å kunne utvikle skrog og integrere motor- og manøversystem i skroget for å utnytte energien frå framdriftsmaskineriet på ein betre måte.

Ny sensor teknologi med tilgang til fullskala måledata frå ulike fartøy og meir avansert metodikk for stordata analyser har gitt ny innsikt innanfor dette feltet over dei siste åra.

Noko av lærdomen så langt er at auka motoreffekt på grunn av bølger og rørsler i fartøyet vanlegvis korresponderer med ein reduksjon i fart og at større effektbehov kjem samtidig med ein reduksjon i fart. Kombinasjonen av redusert fart og meir motorkraft er også mykje større enn tidligare rekna med (med basis i forventning med grunnlag i numeriske analyser samt sjøgangsforsök der skrogmodellar og propellsystem er undersøkt i modelltank med bølger).

Meir motoreffekt har konsekvens for økonomi og miljø gjennom meir forbruk av drivstoff og større utslepp, mens fartstapet representerer eit tidstap for reiar, mannskap og passasjer.

Ei av årsakene til at framdrifts-effekt og fartsendring har blitt underestimert, er at havmiljøet er meir samansett og komplekst enn det ein oppnår ved hjelp av matematisk/fysisk modellering og slik det blir representert i ein modelltank. Havmiljøet er sjølv sagt meir enn bølger, det er også gitt ved straum og vind.

Bølgjeforholda på Stadhavet er i seg sjølv spesielt komplekse og dette har blitt omtalt og dokumentert gjennom ulike rapporter deriblant i [1] og [2] som var presentert i samband med den førre konseptvalutgreiinga (Kvu) i 2010 og som innspel for KS1,

I ei anna utgreiing som var gjort i samband KS1, undersøkte vi verknaden av sjøgang på fartstap og brennoljeforbruk i samanlikning med seglas i skjerma farvatn (utan bølger) [3]. Dette var basert på fullskala måling av eitt offshore skip og modellforsøksrapport for mindre fiskefartøy.

Gjennom studien i 2011 [3] vart nivået for energiforbruk berekna i forhold til utsegla distanse for skjerma farvatn og i sjøgang på det opne hav (gitt ved kiloWatt-time per nautisk mil). I KS1 var desse energifaktorane nytta av Econ Pöyry på ulike fartøygrupper for å estimere drivstoff-forbruk som del av nytte-kost vurderinga av Stad skipstunnel for det som handla om gevinst av å gå i tunnelen i form av mindre drivstoffbruk, CO₂ utslepp og raskare gjennomfart.

Denne rapporten presenterer liknande analyser som i ovanfor nemnde studie i 2011, men med grunnlag i meir detaljert informasjon deriblant data frå eit fartøy som passerer kysten regelmessig der fart og motoreffekt er målt samtidig for den aktuelle strekninga forbi Stad (som også dekker deler av nord- og sørsida av Stadhavet som er mindre eksponert for havbølger og dønning).

Ein annan del av rapporten viser til AIS data for ulike fartøy der passering av Stad er relatert til bølgjevarsel for det aktuelle havområdet og kysten av Sunnmøre. Dette gir ein indikasjon på kva type fartøy og sjøtilstand som ligg til grunn for at ei lenger, men mindre værpåverka rute bli valt ved passering av Nordvestlandet. I slike høve vil det også vere naturlig å gå i skipstunnelen.

I KS2 rapporten, er det nemnt at det ikkje er opplagt kva bølgjehøgd som bestemmer når ein må vente med å gå rundt Stad og kva storleik på skipa dette gjeld.

Men denne rapporten viser eksempel på skip som vil ha nytte av tunnelen og at det er meir enn ventetidskostnader som må takast med i nytte-kost vurderinga.

Datagrunnlaget for rapporten er henta dels frå opne kjelder når det gjeld skipstrafikk (www.marinetraffic.com og <https://kart.kystverket.no/>) og bølgjevarsel (<https://www.yr.no/> 'værkart'/'bølgehøyde' og 'Hav og Kyst'- 'Bølgjevarsel for farleder'; <https://www.barentswatch.no/bolgevarsel/stad/1>).

Kapittel 4 baserer seg på data frå ein intern studie av samtidige målingar av motoreffekt og fart for eit 130 meter langt skip som har passert Stad. Vidare er det også nytta resultat frå vårt modellforsøksarkiv.

2 Bølgjedata for Stad

Som nemnt er bølgjeforholda på Stadhavet karakterisert og omtalt i mange rapporter blant anna i samband med tidlegare KUV av Stad skipstunnel.

På havet utanfor Stad forplantar bølgjene seg ofte i ulike retninger med lokale vind-genererte bølgjer og dønning som opptrer samtidig der også tung dønning blir reflektert fra steile berg mot land. Førekomst av tungt brytande bølgjer er eit anna særtrekk ved Stadhavet. I sum fører det komplekse mønsteret på havoverflata til ulike problem og utfordringar med å navigere i dette området. Dette har allmenn merksemrd og er vel kjent blant dei sjøfarande (sjå kap. 2.1).

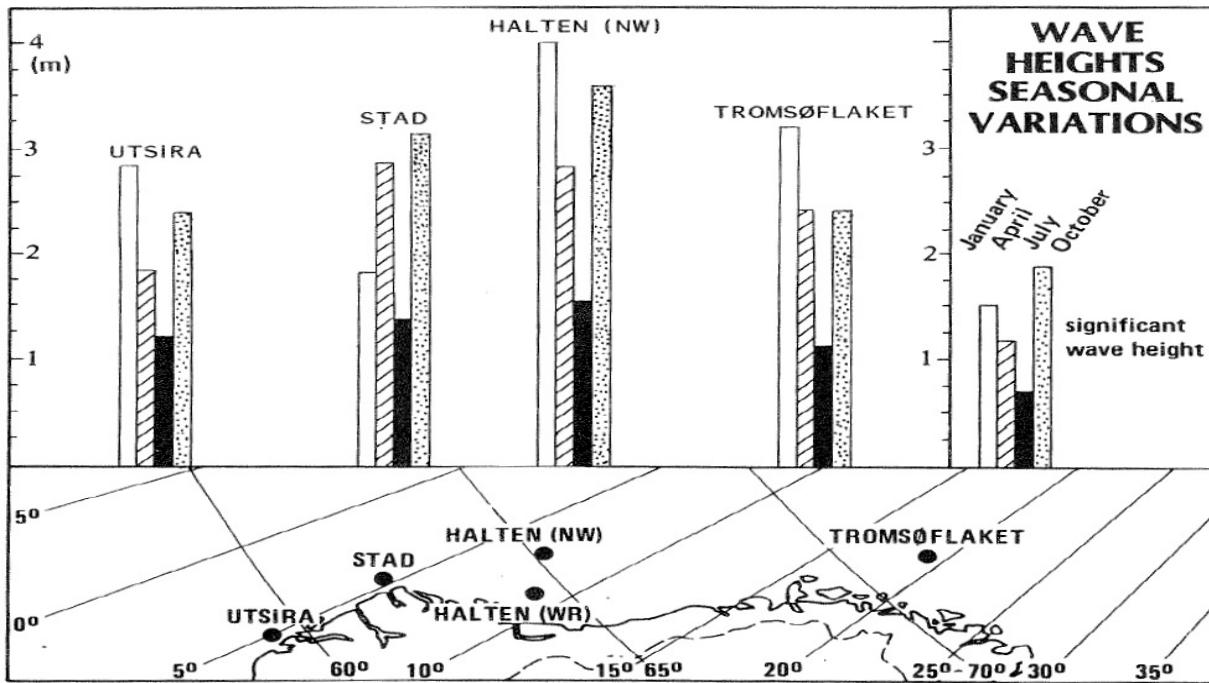
Alt dette er kritisk for bølgjeslag og akselerasjoner i skroget som er viktige moment for rutevalet. Som skipsingeniørar med erfaring frå bransjen har vi grunn til å tru at val av rute og kurs ofte blir styrt av omsyn til å minimere slitasje på mannskap, passasjerar og på lasta som blir frakta.

Neste kapittel viser også at sjøgang medfører auka dynamikk og slitasje på framdriftsmaskineri og propellsystem.

I tillegg til bølgjehøgda har også lengde og retning på bølgjene betydning for rørslene (dynamikken) til fartøyet. Storleik og spesielt lengda på båten i forhold til lengde på bølgjene er ein viktig faktor.

Sjølv om det er andre variablar enn høgda på bølgjene som har betydning, har vi forenkla samanlikningar og referansar til kunn å gjelde signifikant bølgjehøgd sidan det er denne parameteren som vanlegvis blir referert til i havvarsle og statistikk.

Den mest pålitelege kjelda til slike data er bølgjemålingsbøyer der datainnsamlinga har gjennomgått grundig kvalitetssikring i tilknyting til analyse og presentasjon. Slike bøyer var utplassert på ulike punkt langs Norsk kontinentsokkel i første halvdel av 80-talet gjennom ODAP prosjektet [4]. ODAP var finansiert av fleire oljeselskap for å kartlegge oceanografien som del av underlaget for utbygging av oljefelta. Dette var nødvendig for å vurdere kva havkonstruksjonar som var best egna for ulike felt og for å dimensjonere konstruksjonane med grunnlag i det rådande bølgjeklimaet langs kysten og havområda utanfor.



Figur 2-1 Variasjon i bølgjehøgd ved ulike område for januar, april, juli og oktober (første halvdel av 1980-åra).

Som kart og histogram i figur 2-1 viser, er middelverdi av signifikant bølgjehøgd presentert kvartalsvis for aktuell måleperiode i første halvdel av 1980 åra.

Prognosar for langsiktig endring av bølgjeklima ifølgje [5], viser ein underliggende trend som indikerer ein auke i bølgjehøgd på 3 centimeter per år.

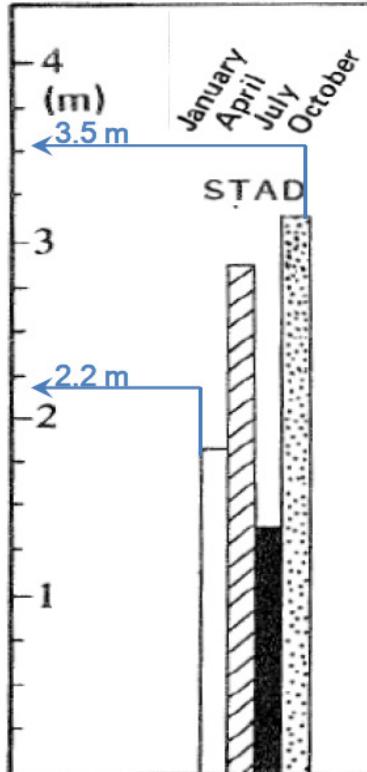
I eit grunnlagsdokument for regjeringa sitt arbeid med Nasjonal transportplan (NTP) 2010-2019 er verknad av klimaendring for transportsektoren blitt gjennomgått [6]. Under kapittel om Sjøfart er det kommentert at '*sjøtransporten er særlig ømfintlig for klimaendringer*'.

Dokumentet viser også til klimastudiar frå Meteorologisk institutt (MET) om meir ekstrem vind om vinteren. Sterkare vind medfører større bølgjer, og MET reknar med at signifikant bølgjehøgd vil auke med om lag 25 cm på Vestlandet.

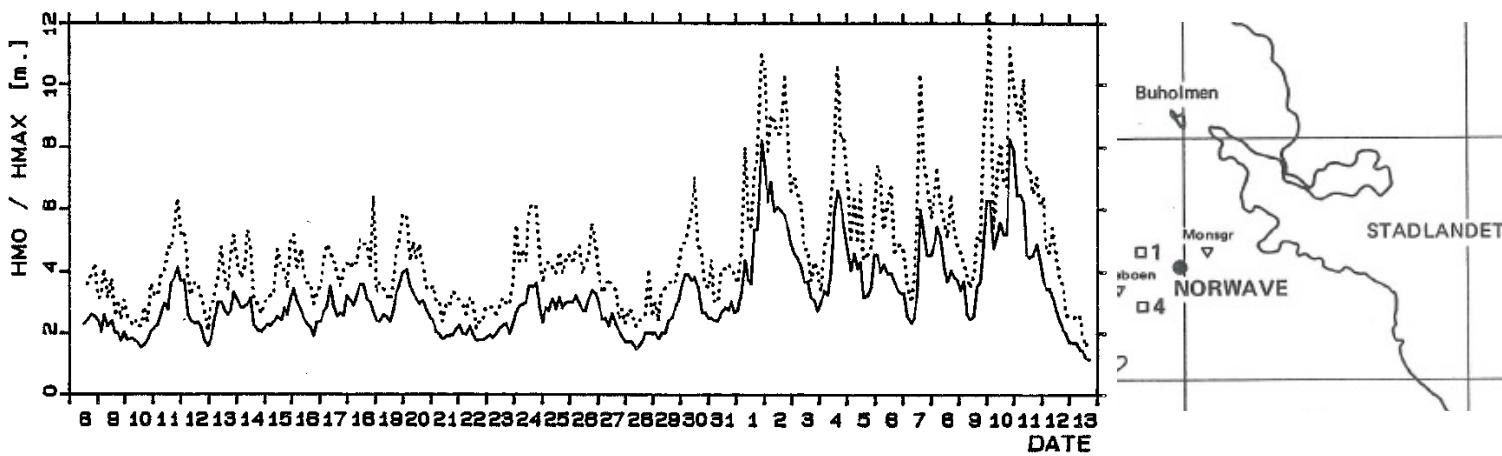
Med grunnlag i det som er nemnt over har vi korrigert data frå Stad for tidlig på 80 talet til statistikk ein kan forvente å bli meir representativ for Stadhavet i åra framover.

Denne justeringa er vist i figur 2-2 der signifikant bølgjehøgd er heva til mellom 2.2m og 3.5m for haust- og vintersesongen.

Eitt eksempel på tidshistorikk for signifikant bølgjehøgd er vist i figur 2-3 som er basert på data frå ei bølgjemeringsbøye (type Norwave) som var utplassert ved Stad i oktober-november 1985. Tidsplottet som er henta frå ref. [7] der bakgrunnen for måleprogrammet var å kartlegge bølgjekarakteristikk for området i samband med forliset av frakteskuta M/S 'Sun Coast' i desember 1984. Tidsserien viser signifikant bølgjehøgd (HM0) og maksimal bølgjehøgd (HMAX) for kvart måleintervall i tidsrommet 8 oktober til 13 november 1985.



Figur 2-2 Korrigert bølgjehøgd ved Stad pga klimaendringar.



Figur 2-3 Bølgjemålingar ved Stad i perioden oktober-november 1985.

HM0:Signifikant Bølgjehøgd - heil kurve, HMAX: Største bølgje i kvart måleintervall - stipla kurve

Bølgjehøgda for dette tidsrommet varierer mellom 2 og 4 meter (HM0) for oktober månaden og korresponderer bra med statistikken frå ODAP rapporten [4]. Dag-til-dag syklusar i tidsseriane er knytt til passering av vindfelt (lågtrykk) som kjem inn frå havet. I slutten av perioden stig signifikant bølgjehøgd opp mot maksimalt 5-7 meter ved fire høve i løpet av dei 10 første dagane i november.

2.1 Farlege bølgjer – Stad og Breisundet

I dei følgjande kapitela diskuterer vi alternative ruter langs kysten nordom Stad når det gjeld distanser, tid- og fartstap i forhold til bølgjeforhold som fører til meir forbruk av drivstoff og CO₂ utslepp.

Det blir også vist til eksempel på fartøy som passerer søre Sunnmøre gjennom den indre leia som er ein lenger distanse men i liten grad eksponert for havbølgjer.

Denne rapporten omhandlar ikkje bølgjer i forhold til risiko for ulykker/kantring, men det kan vere verdt å merke seg at ytre rute langs Nordvestlandet er avmerkt med to farlege bølgjeområde.

I boka 'Den Norske Los' [8], som dokumenterer kartlegging av farlige bølgjeområde gjennom omfattande rundspørjing av losar, viser til Breisundet i tillegg til Stad i denne samanheng, sjå figur 2-4.

Sjølv om hovudfokus for denne rapporten handlar om forbruk av drivstoff, fart- og passeringstid for alternative ruteval nordom Stad, understrekar dette betydninga av å sjå på eit større område enn berre Stadhavet når ein skal gjere heilsakplege vurderingar om skipstunnelen.



**Figur 2-4. (side 33 i
'Den Norske Los' [8])**

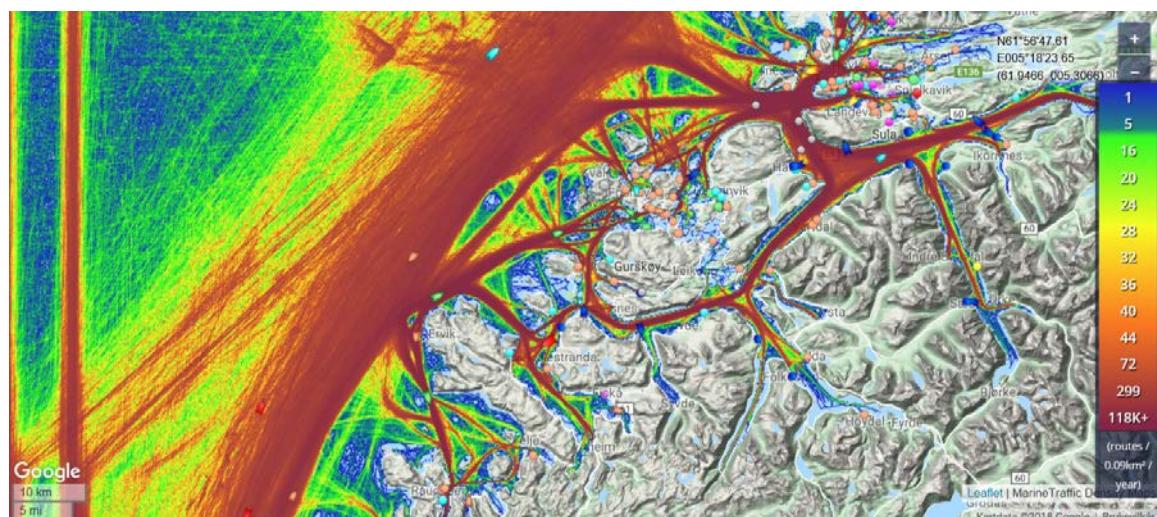
3 Ruter for kysten nordom Stad og i fjordane innanfor

For å vurdere kva slags rutealternativ som er best eigna til ei kvar tid, er det det fleire faktorar som må takast omsyn til. Ein viktig faktor er værforholda ein kan bli eksponert for ved å velje dei ulike rutene. Dette har direkte innverknad på drivstoffforbruk og miljøutslepp, komfort for mannskap og belastningar på fartøy og last. Dessutan er det essensielt å ha kjennskap til distansar ved å velje eine eller andre ruta. Kartet under, figur 3-1, viser farleiene som vil vere relevante å sjå i samanheng med Stad skipstunnel.



Figur 3-1: Farlei er ved Stad og Sunnmøre.

Ei oversikt av skipstrafikken for 2017 er vist på figur 3-2. Di raudare farge, di meir skipstrafikk. Vi ser tydeleg igjen mønsteret av dei ulike farleiene.



Figur 3-2: Fartøyettleik 2017

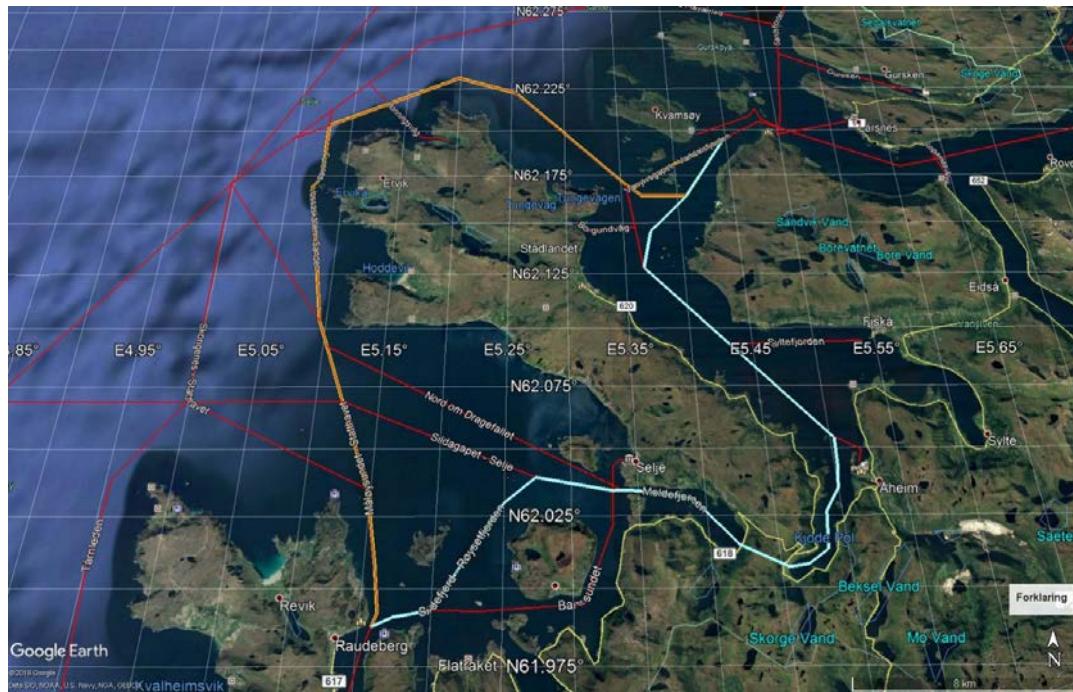
Dersom Stad skipstunnel er eit alternativt ruteval, må dette sjåast i samanheng med kva destinasjonen er. Under har det blitt sett på distansar for tre ulike scenario:

Scenario 1	Raudeberg – Stad – Årumsundet
Scenario 1	Raudeberg – Stad skipstunnel – Årumsundet
Scenario 2	Raudeberg – Stad-Rundeleia – Ålesund
Scenario 2	Raudeberg – Stad – Vartdalsfjorden – Ålesund
Scenario 2	Raudeberg – Stad skipstunnel – Vartdalsfjorden – Ålesund
Scenario 2	Raudeberg – Stad skipstunnel – Sandsfjorden-Flåvær-Breisundet – Ålesund
Scenario 3	Raudeberg – Stad – Torvik
Scenario 3	Raudeberg – Stad skipstunnel – Torvik

Scenario 1: Raudeberg – Årumsundet

For all skipstrafikk som vel indre farlei, vil det vere naturleg å samanlikne distanse frå punktet ved Raudeberg der farleia mot Stad og farleia mot Moldefjorden og Stad skipstunnel skil lag, samt punktet der farleiene møtest ved Årumsundet, sjå figur 3-3. Kva kurs fartøya vel å ta ved Haugsholmen (Haugsfjorden) og nordaust mot Årumsundet vil påverke distansen. For estimat av distanse gjennom Stad skipstunnel er det valt å bruke Kystverket si skisserte lei som utgangspunkt. Basert på desse føresetnadene blir seglasen rundt Stad ca 1.6-2.3 nautisk mil lengre enn ved seglas gjennom Stad skipstunnel.

Scenario 1	Raudeberg – Stad – Årumsundet	26.2 nautiske mil (vest av Haugsholmen) 26.9 nautiske mil (aust av Haugsholmen)
Scenario 1	Raudeberg – Stad skipstunnel – Årumsundet	24.6 nautiske mil



Figur 3-3: Raudeberg - Årumsundet

Scenario 2: Raudeberg-Ålesund

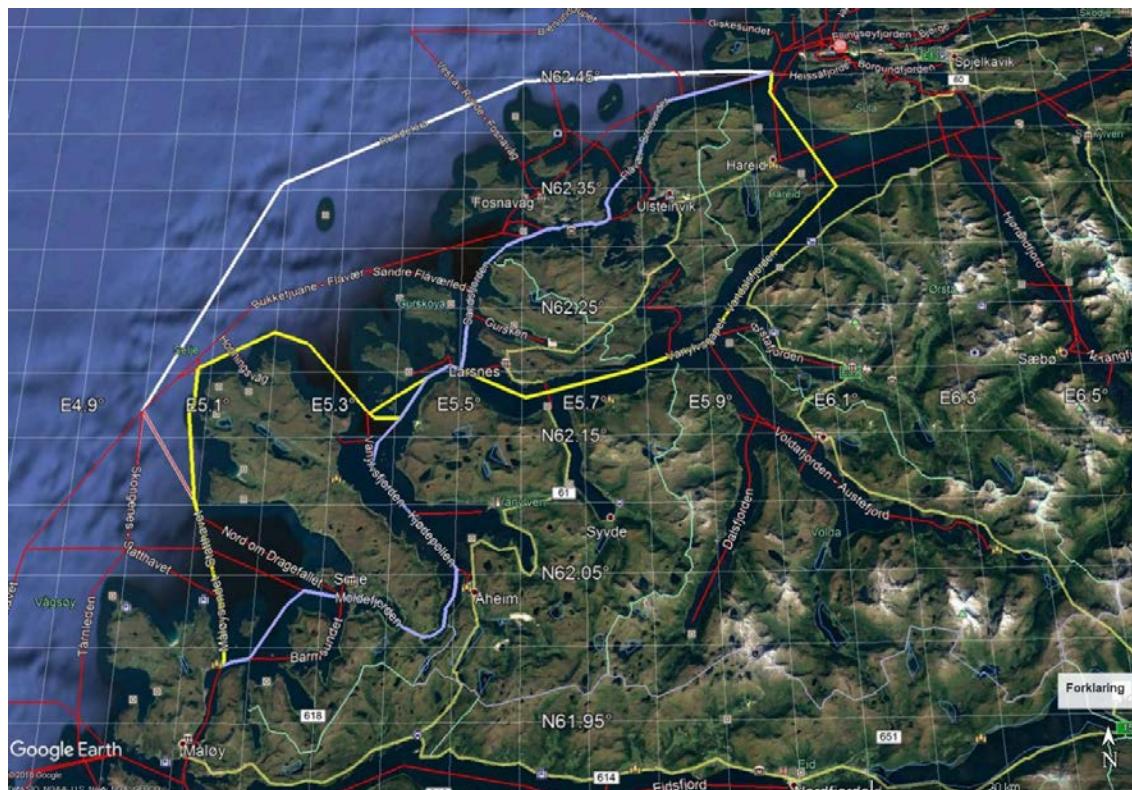
I tillegg til scenario 1 vil det vere naturleg å sjå på eit scenario der fartøy skal frå Raudeberg til Ålesund. Her kan ein tenkje seg fire rutealternativ:

- Raudeberg – Rundeleia
- Raudeberg – Stad – Vartdalsfjorden – Ålesund
- Raudeberg – Stad skipstunnel – Vartdalsfjorden – Ålesund
- Raudeberg – Stad skipstunnel – Sandsfjorden-Flåvær-Breisundet – Ålesund

Her vil det vere eit ytre alternativ via Rundeleia vere det kortaste, men det vil også vere den mest vêreksponte ruta. På vêrutsatte dagar vel mange fartøy å bruke den indre leia i staden for.

Tal presentert under scenario 1 vil vere relevant for det indre rutevalet gjennom Vartdalsfjorden. I tillegg er det eit midtre alternativ via Sandsfjorden, Flåvær-Breisundet. Følgjande distansar er målt for dei fire alternativa:

Scenario 2	Raudeberg - Stad-Rundeleia – Ålesund (kvit rute)	49.5 nautiske mil
Scenario 2	Raudeberg – Stad – Vartdalsfjorden – Ålesund (gul rute)	56.9 nautiske mil
Scenario 2	Raudeberg - Stad skipstunnel - Vartdalsfjorden – Ålesund (lilla og gul)	55.3 nautiske mil
Scenario 2	Raudeberg -Stad skipstunnel-Sandsfjorden-Flåvær-Breisundet-Ålesund (Flåværleia - lilla)	50.8 nautiske mil



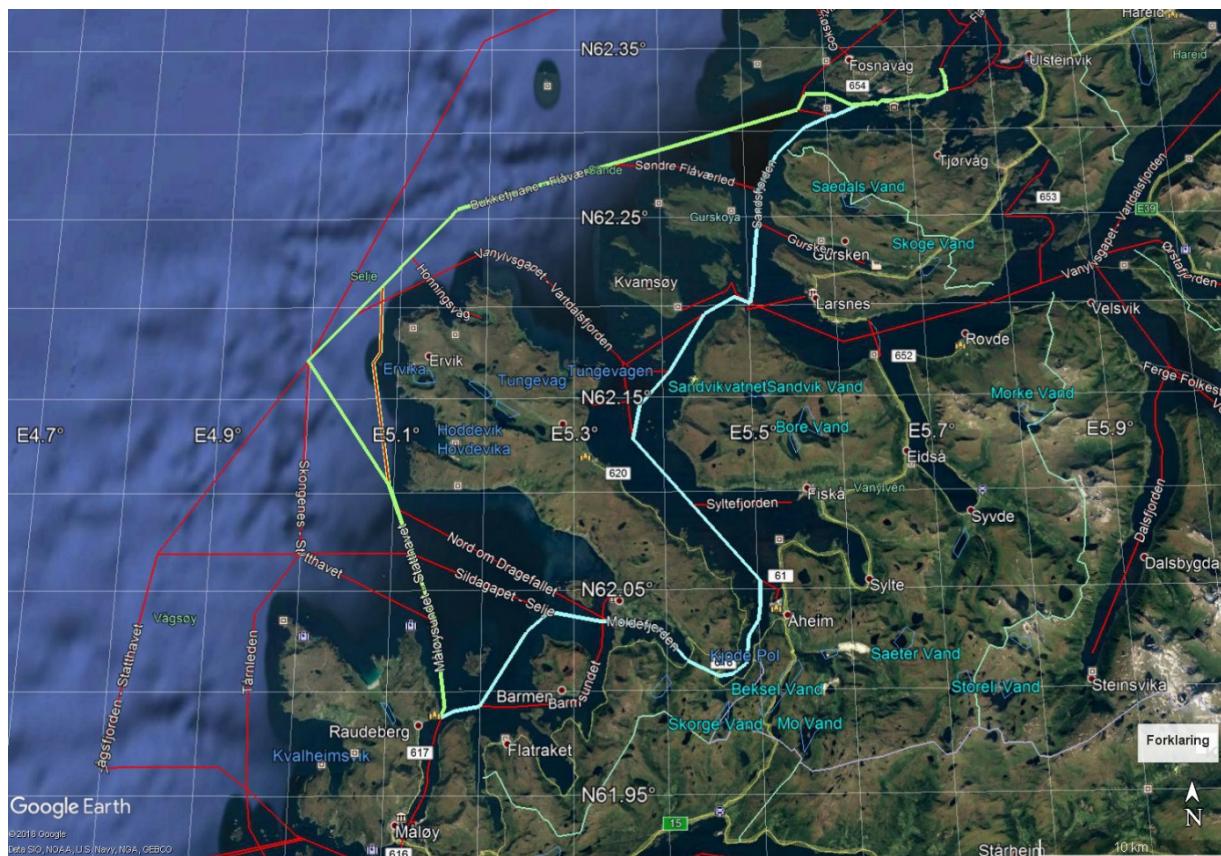
Figur 3-4: Raudeberg-Ålesund

Scenario 3: Raudeberg – Torvik

Eit tredje rutescenario som er relevant å undersøke er strekninga mellom Raudeberg og Torvik. Hurtigruta har daglege anløp i Måløy og Torvik på både nord- og søråande seglas. Her kan ein også tenkje seg eit rutealternativ gjennom Stad skipstunnel. Distansane frå punktet ved Raudeberg der dei to rutene vil skilje lag til eit punkt utanfor Torvik, sjå figur 3-5, er målt til å vere:

Scenario 3	Raudeberg – Stad – Torvik	35.7 nautiske mil (kortaste lei)
Scenario 3	Raudeberg – Stad skipstunnel - Torvik	37.3 nautiske mil

Om ein samanliknar dei to distansane, vil det vere ca 3.2 nautiske mil lengre å bruke Stad skipstunnel. Men distansen rundt Stad kan bli lengre om kapteinen vel å segle lengre ut enn fartøyleia brukt i denne vurderinga. Då vil distansen vere ca 1.6 nautiske mil lengre ved å bruke Stad skipstunnel.



Figur 3-5: Raudeberg - Torvik

4 Analyser av samtidig måling av effektforbruk og fart ved passering Stad

Fartøy eksponert for bølgjer, vind og straum vil normalt ha endra forbruk og fart samanlikna med operasjon med likt pådrag under roleg forhold. Dei ytre forholda, dimensjonar på fartøyet, fart, lastekondisjon og framdrifts- og maskinerisystemløysing er svært viktige faktorar for korleis fartøy responderer på endra værforhold.

I tillegg vil maskineri og propulsjonssystem bli utsatt for større dynamiske påkjenningar på grunn av bølgjer og rørsler i skroget.

Dette blir nærmere presentert nedanfor der grunnlaget er data av kontinuerlige målingar av motoreffekt og fart på eit skip som har passert Stadhavet ved ulike høve.

4.1 Fart- og effektmålingar ved seglas rundt Stad

Figur 4-1 – figur 4-3 viser fart og effekt for eit skrog med lengde 130-140 m og breidde på vel 20 m som passerer Stad ved ulike datoar. Storleiken på dette fartøyet tilsvarer største fartøy som kan passere i Stad skipstunnel. Vêrforholda under dei tre seglasane er ukjende.

Figurane viser endring av fart og posisjon langs ruta der fart er illustrert ved ein fargeskala som varierer mellom mørk blå og lys gul.

Når ein studerer desse resultata, er det viktig å merke seg at pådraget til framdriftssystemet (motor og propell) har vore konstant under heile seglasen. Med andre ord er variasjon i fart og effekt knytt til ytre forhold.

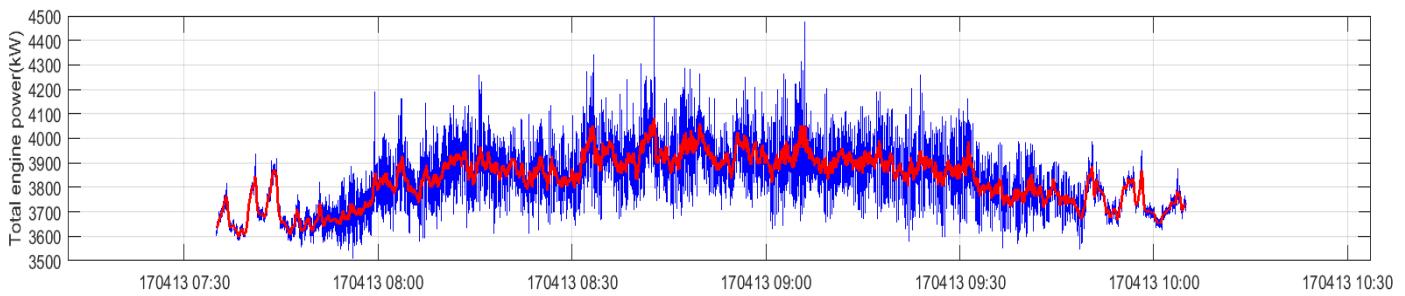
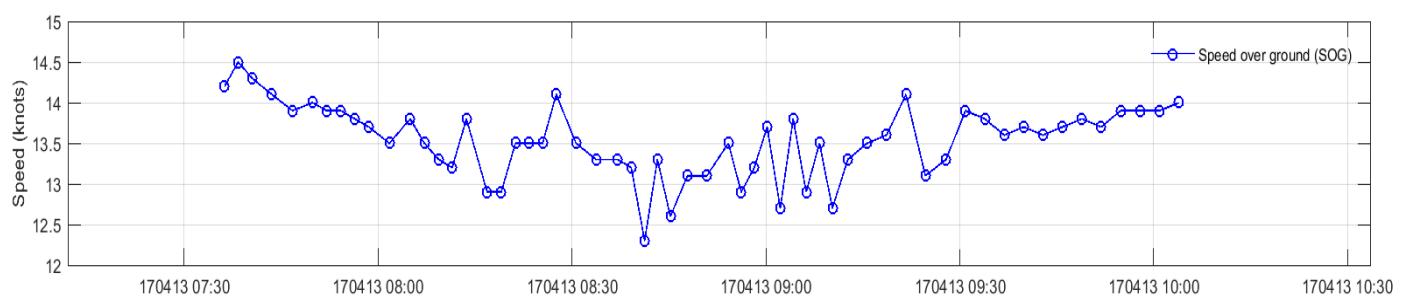
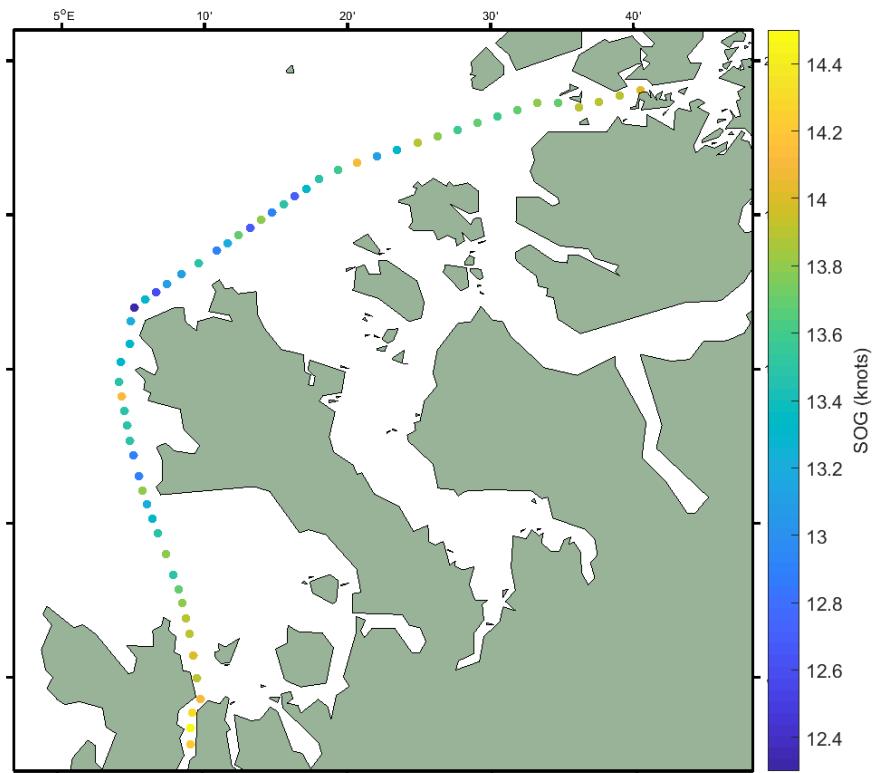
Kartet viser posisjonen til fartøyet, og fargen på posisjonsmarkeringane viser farten. (Gul farge indikerer høg fart, blå farge indikerer låg fart.)

Tidsseriane for fart (hhv 'speed over ground') er vist øvst. Nedste tidsserie viser totaleffekten (ufiltrert og filtrert) til maskineriet om bord.

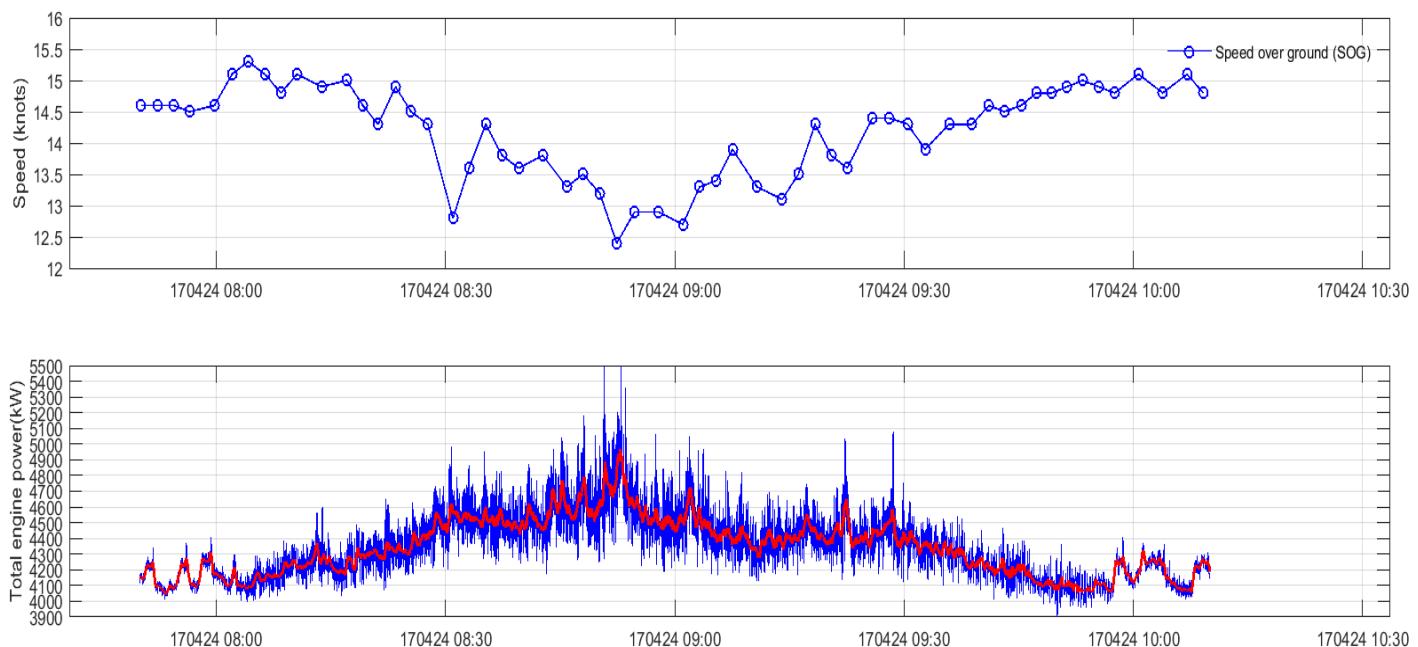
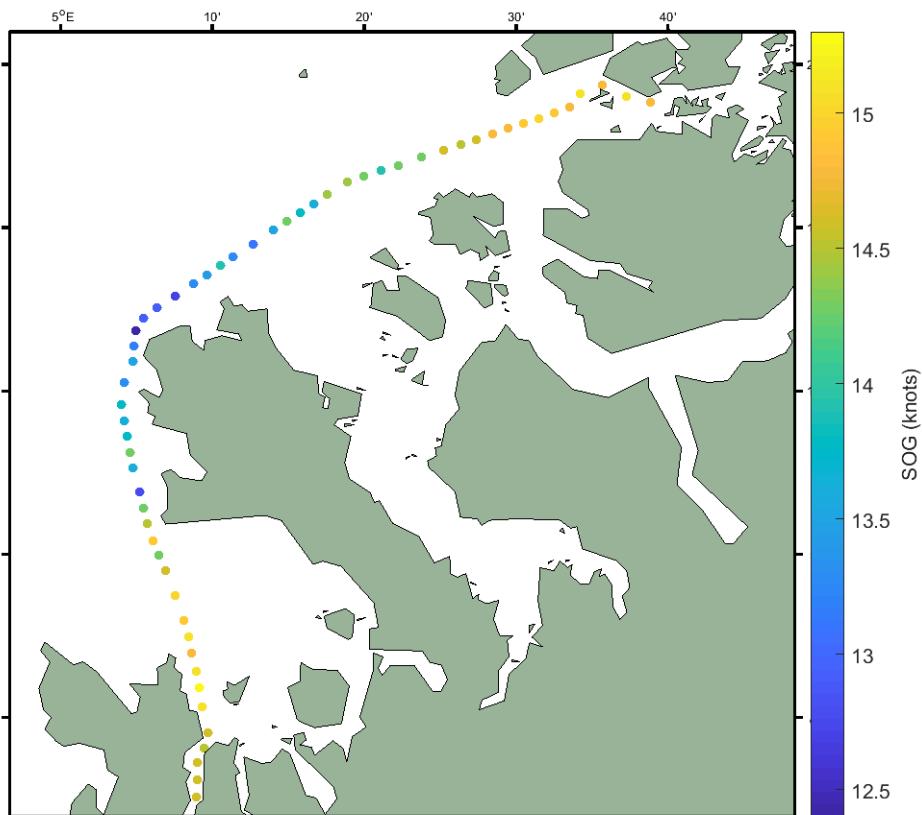
Felles for samtlege figurar er at både fart og effekt varierer under seglasen sjølv om pådraget er konstant.

Ein annan observasjon er at farta er høgast i starten og slutten på seglasen der ein typisk er mindre eksponert for bølgjer. Om ein ser på fart og effektsignal saman, så kan ein seie at dei er i motfase. Når farten går ned, går effekten opp. Dette er eit viktig faktum å ta omnsyn til om ein skal vurdere kostnaden ved å segle ulike ruter som er eksponert for bølgjer. Ein blir både 'straffa' tidsmessig ved at farten går ned - i tillegg til at forbruket/effekten vert høgare.

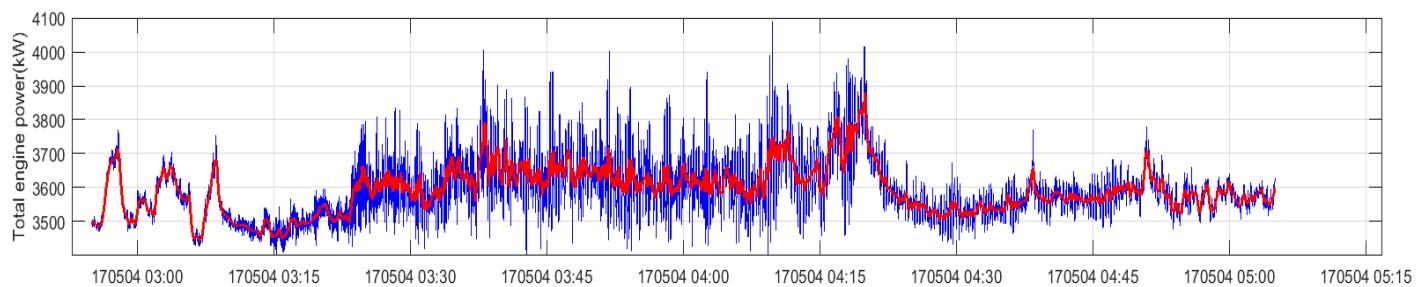
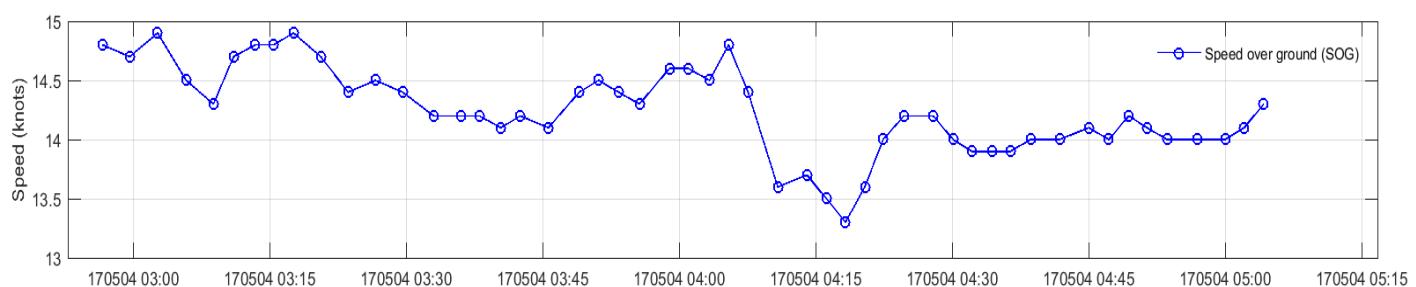
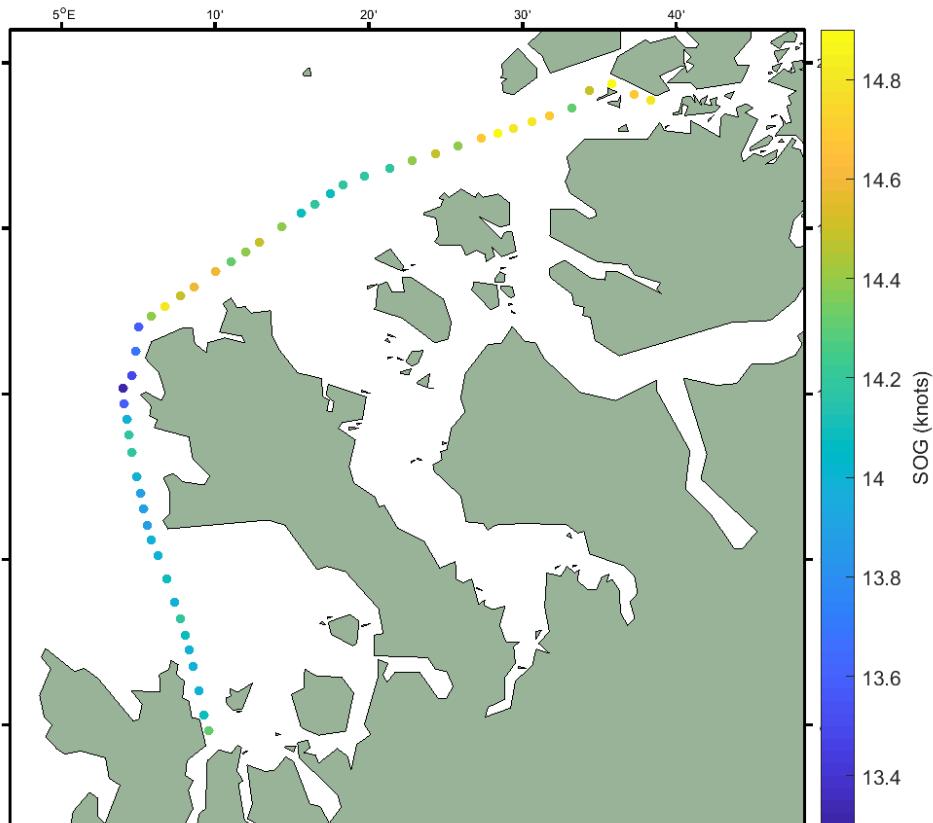
I figur 4-1 varierer farten frå 14.5 knop til ca 12.5 knop. Effekten stig frå ca 3600 kW til 4100 kW., dvs ca 14 %. I figur 4-2 varierer farta frå ca 15 knop til ca 12.5 knop. Effekten stig frå ca 4100 kW til ca 5000 kW, dvs ca 22%. Figur 4-3 varierer farten frå ca 14.8 knop til ca 13.3 knop. Effekten stig frå ca 3500 kW til ca 3900 kW, dvs ca 11%.



Figur 4-1: Passering Stad 13. april 2017 (Øvst:posisjon/fart, Midten:Fart, Nedst: **ufiltrert** og **filtrert** motoreffekt).



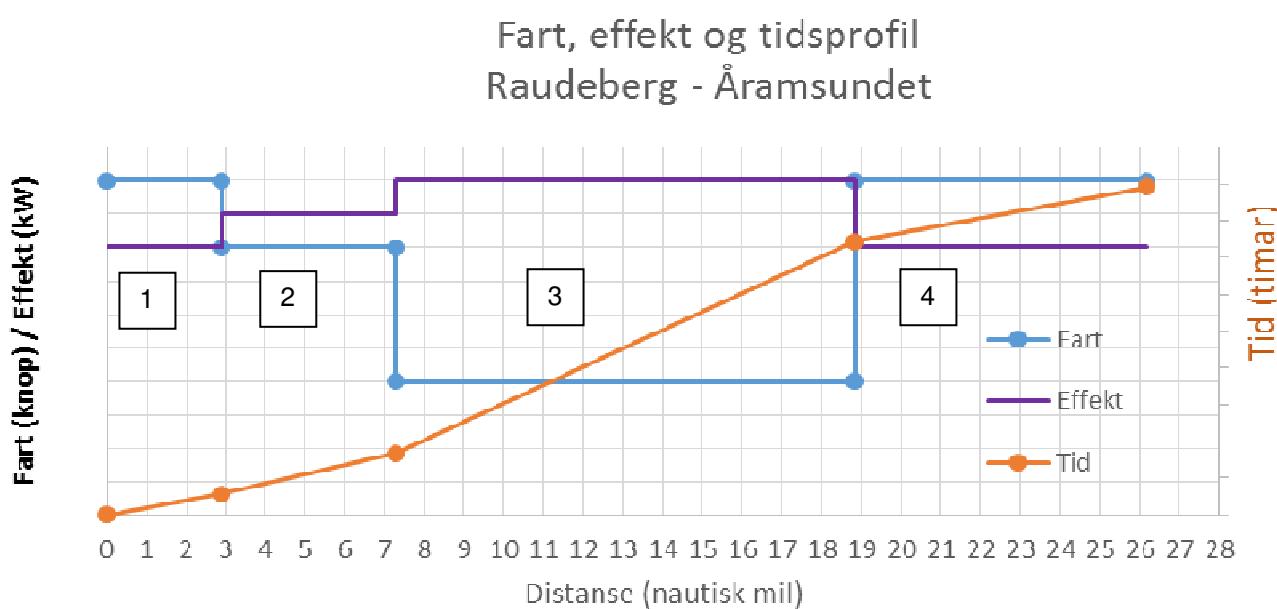
Figur 4-2: Passering Stad 24. april 2017 (Øvst:posisjon/fart, Midten:Fart, Nedst:ufiltrert og filtrert motoreffekt).



Figur 4-3: Passering Stad 4. mai 2017 (Øvst:posisjon/fart, Midten:Fart, Nedst:ufiltrert og filtrert motoreffekt).

Basert på mønsteret i erfaringsdata presentert over kan ein skissere fart-, effekt- og tidsprofil for seglasar rundt Stad. I figur 4-4 er dette gjort for strekninga Raudeberg-Årumsundet (sjå scenario 1 i kapittel 3). Seglasen rundt Stad kan delast inn i strekningar der eksponeringa for bølgjer og vind vil vere ulik. Ei mogleg inndeling er som følgjer:

- 1) Raudeberg – Sildegapet
- 2) Sildegapet - Furenes-Vossakallen-Sanden
- 3) Furenes-Vossakallen-Sanden
- 4) Furenes-Vossakallen-Sanden - Årumsundet



Figur 4-4: Fart-, effekt og tidsprofil for seglasar rundt Stad.

4.2 Fluktuerande motorbelastning på grunn av bølgjer.

Innleiingsvis vart det nemnt at sjøgang medfører auka dynamikk og slitasje på framdriftsmaskineri og propellsystem. Det har blitt gjort mange studiar og målingar på kva slags lastar propell- og maskinerisystem blir utsett for i sjøgang. Eitt eksempel er luftsuging, dvs. at propellen kjem så nær overflata - eller til og med ut av sjøen – og den trekker luft, slik at framdriftskrafta og effekten droppar momentant, for så å auke brått straks propellen kjem tilbake i vatnet.

Andre belastningar som er forårsaka av sjøgang er knytt til at det er nødvendig med meir utstrekkt styring for at fartøyet skal klare å halde ønska kurs. Slike effektar gjer at operasjonsforholda til framdriftssystemet vert forverra, og dette er slitasjeskapande.

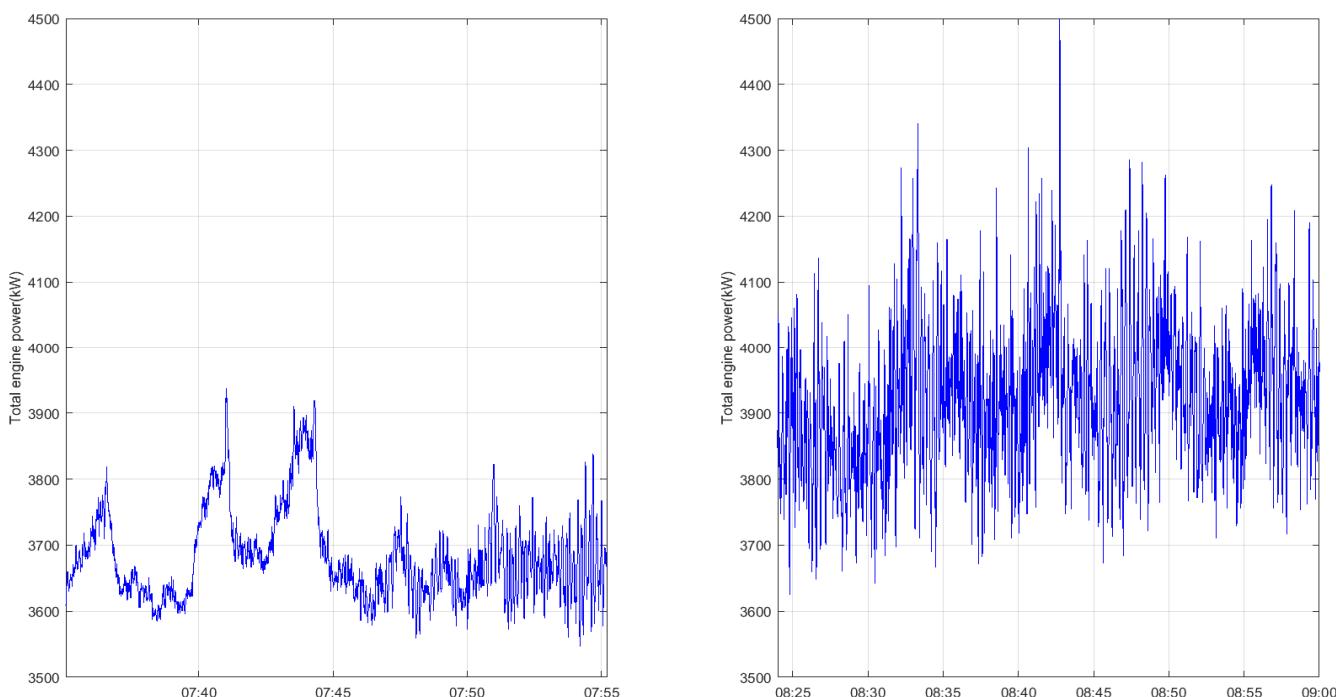
Figur 4-5 viser utdrag frå seglasen presentert i figur 4-1 - med fokus på korleis motoreffekten varierer gjennom to ulike delar av ruta. Eit særtrekk som går fram av desse plotta er forskjellen mellom fluktuasjonen i motoreffekt mellom den meir bølgjeskjerma delen og området som er eksponert for dønning frå storhavet.

I starten av seglasen er fartøyet i skjerma farvatn, og figuren til venstre viser ca 20 minutt av korleis motoreffekten varier under desse forholda. Til høgre ser ein ca 35 minutt med tilsvarande effektmålingar, men her rundar fartøyet Stad. I tillegg til at effekten er høgare ser ein at variasjonen i effektmålinga er langt større enn på figuren til venstre.

Effekten svingar opp og ned i langt større grad enn ein ser på målingane på tidsserien til venstre. I tillegg ser ein momentane effektverdiar som brått stig med fleire hundre kilowatt (kW). Mykje av dette kan forklarast med at bølgjene gjer at operasjonsforholda for propell- og maskinerisystem vert langt meir variable enn i skjerma farvatn der både bølgjehøgd og periode er mindre enn på dei opne havstrekka.

Dette viser at bølgjeenergien påverkar ikkje berre fart og middeleffekt. Dynamikken i sjøen og skroget under påverknad av bølgjer blir også overført via propell, drivsystem og inn i motoren.

Den fluktuerande belastninga frå bølgjer har heilt klart betydning for slitasjen i motorsystemet og for mekaniske komponentar i drivlinja mellom motor og propell.



Figur 4-5 Passering Stad 13. april 2017. Til venstre motoreffekt i skjerma farvatn, til høgre motoreffekt på Stadhavet.

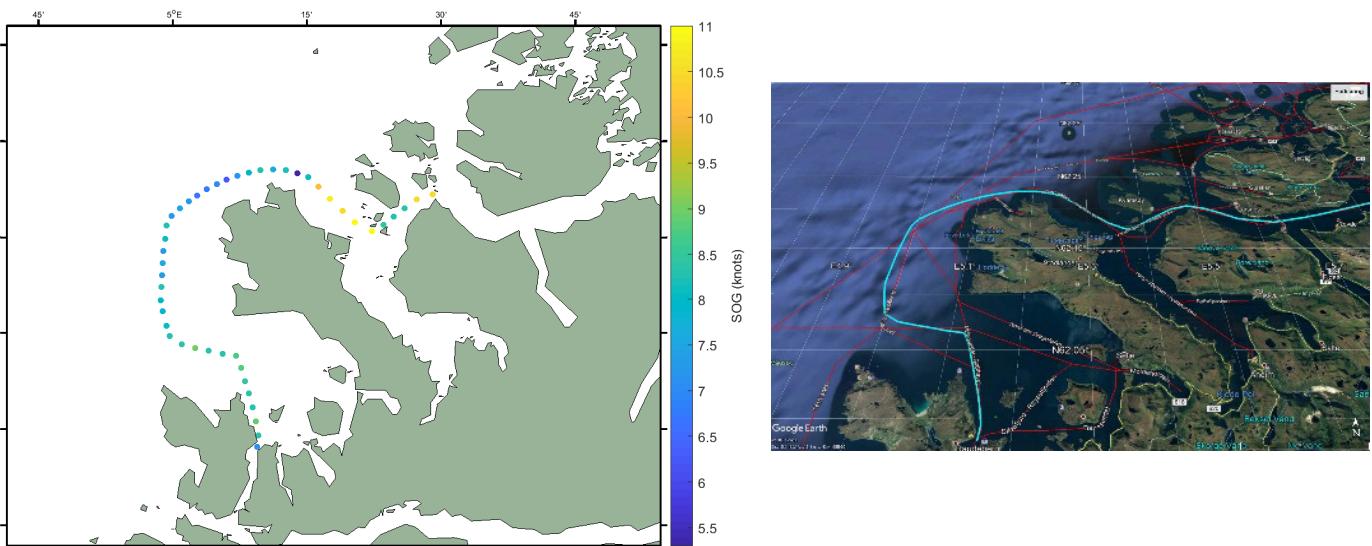
5 Drivstoff, tid og CO₂ utslepp for ein brønnbåt og ein kjemikalietankar.

For to fartøy som er omtalt i kapittel 6 der ruter og fart er presentert, har vi berekna tid og forbruk av drivstoff for to fartøy av forskjellig type og storlek og samanlikna dette med registrert rute forbi Stadt og gjennom ein tenkt seglas i tunnel. Dette er brønnbåten 'Rostein' og kjemikalietankaren 'Finnstraum'.

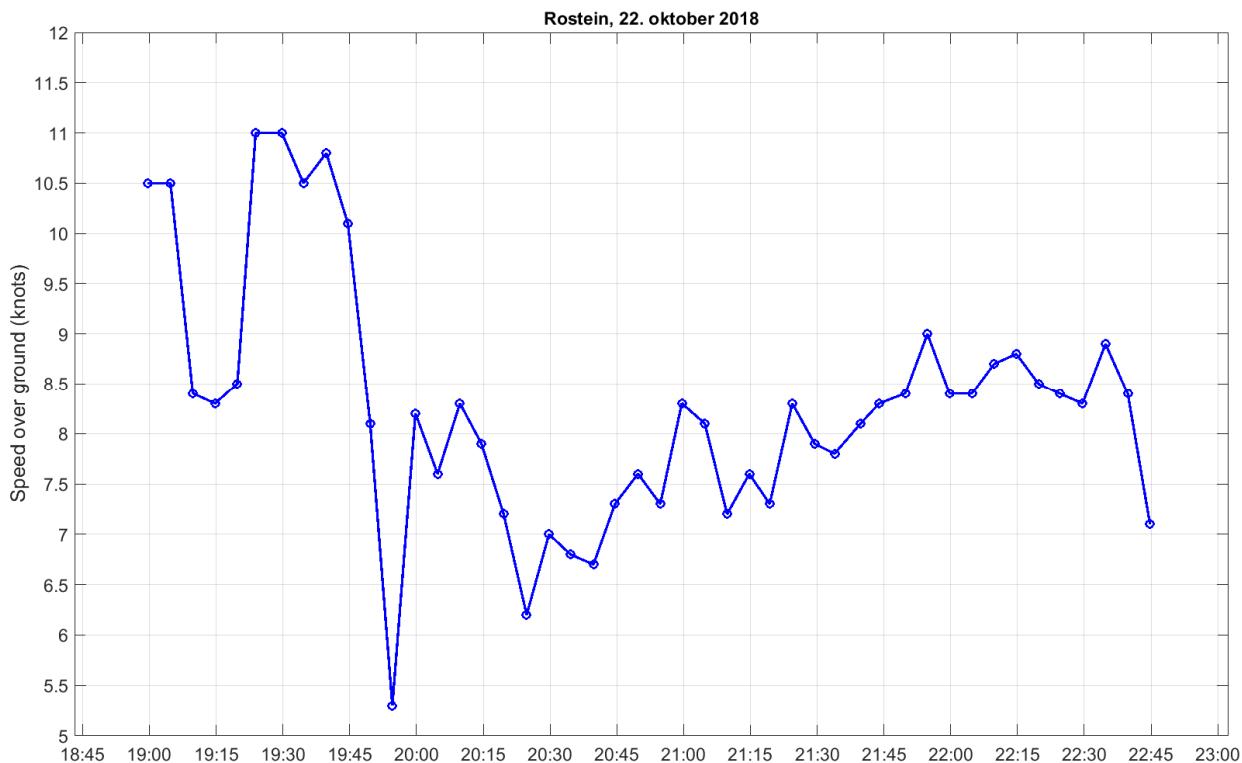
Detaljer for fartøy, aktuelle fartsprofilar og ruter samt grunnlaget for berekningane er dokumentert i det følgjande.

5.1 'Rostein' (LxB;44x10m) - 22. oktober 2018.

Denne dagen steamar brønnbåten 'Rostein' sørover frå Vartdalsfjorden rundt Stad og retning Måløy. Figur 5-1 – figur 5-2 viser posisjon og fart frå Årumsundet til Raudeberg. Ein ser at farta droppar betydeleg frå ca 10.5 knop i dei meir skjerma områda til ca 6 knop i Vanylvgapet. Rundt Stad er farta nede i ca 7-7.5 knop før den stig sakte inn mot Raudeberg. Pådraget på maskin og propell er ikkje kjent så ein kan ikkje seie sikkert om fartstapet er eit resultat av forholda åleine. Ein interessant observasjon er at 'Rostein' har halde ein kurs som er noko lengre enn den kortaste leia (Furenes-Vossakallen-Sanden). Måler ein distansen frå Årumsundet til Raudeberg, vert denne ca 29.8 nautiske mil. Til samanlikning er den kortaste leia ca 26.2 nautiske mil. Tida 'Rostein' har brukt frå Årumsundet til Raudeberg er ca 3 timer og 45 minutt.



Figur 5-1: Seglas mellom Årumsundet og Raudeberg, 'Rostein' 22. oktober 2018.

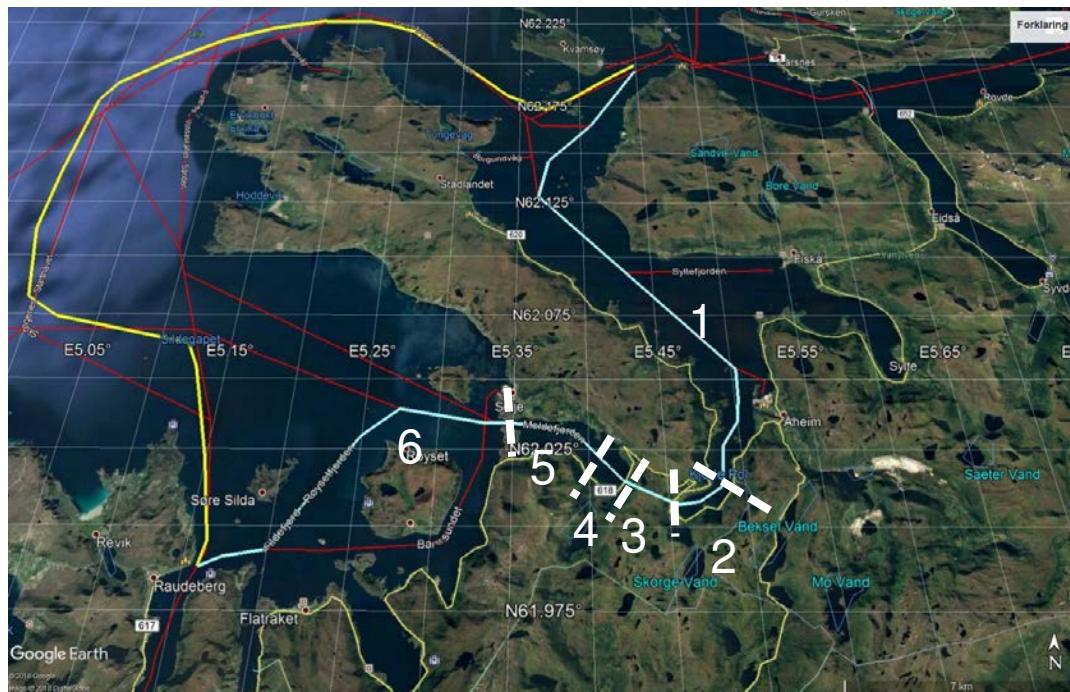


Figur 5-2: Seglas Årmsundet-Raudeberg, 'Rostein' 22. oktober 2018.

Eit spørsmål som melder seg er korleis ein seglas gjennom ei alternativ rute gjennom Stad skipstunnel vil arte seg med omsyn til tid, forbruk av drivstoff og miljøutslepp. Figur 5-3 viser 'tracket' til 'Rostein' (gul) samt alternativ rute gjennom Stad skipstunnel (turkis). Ruta gjennom Stad skipstunnel er indikert med siffer 1-6 for å vise til at denne ruta vil kreve ein variabel fartprofil sidan ein må ta omsyn til reduksjon av fart og venting før seglasen gjennom tunnelen. Deretter vil passeringa gjennom tunnelen skje med moderat fart. Etter tunnelpassering vil det vere eit område med akselerasjon før ein kan gå med konstant fart til Raudeberg.

Ei mogleg inndeling er som følgjer:

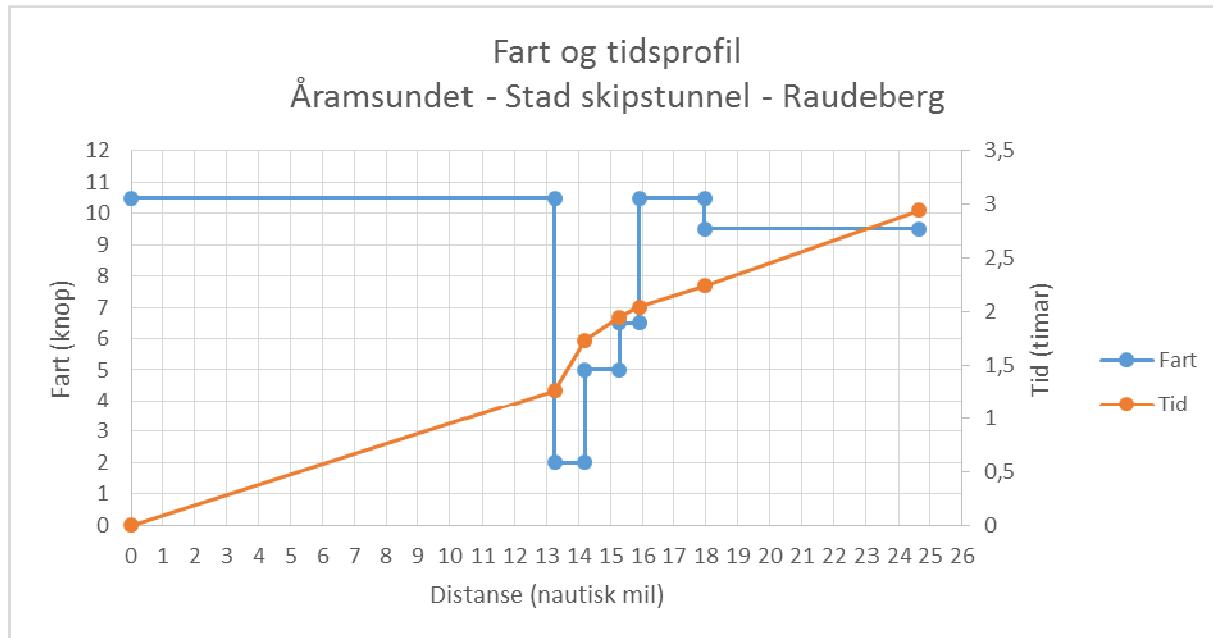
- 1) Årmsundet – Kjødepollen: Konstant fart.
- 2) Kjødepollen: Retardasjon og venteområde.
- 3) Passering Stad skipstunnel: antatt 5 knop.
- 4) Akselerasjonsområde i Moldefjorden
- 5) Vidare seglas ut Moldefjorden: Konstant fart.
- 6) Vidare seglas til Raudeberg: Konstant fart, men litt lågare enn i Moldefjorden.



Figur 5-3: 'Track' frå 'Rostein' og alternativ rute gjennom Stad skipstunnel.

For å kunne gi eit estimat på tidsbruk ved ein alternativ seglas, er det gjort ein del stipuleringar knytta inndelinga 1-6. Farten i dei ulike områda og tilhøyrande distanse er vist i tabellen under. Desse tala kan sjølvsgått diskuterast. F.eks er tida som går med til å redusere fart og vente på klarsignal for tunnelpassering er usikker. I dette eksempelet er det antatt i underkant av ein halv time. Dessutan er det antatt at seglasen er mindre eksponert for ytre forhold og då spesielt bølgjer. Med unntak av siste strekninga sør til Raudeberg er det antatt at 'Rostein' held utgangshastigheita på 10.5 knop. Sjå tabell under og figur 5-4 for detaljar.

	Fart (knop)	Distanse (nm)	Tid (Timar)
Område 1	10.5	13.3	1.26
Område 2	2	0.9	0.47
Område 3	5	1.1	0.22
Område 4	6.5	0.6	0.09
Område 5	10.5	2.1	0.20
Område 6	9.5	6.7	0.71
		24.7	2.9



Figur 5-4: Antatt fart- og tidsprofil for seglas fra Årumsundet til Raudeberg.

Samanliknar vi den verkelege seglasen 22.oktober med den alternative seglasen gjennom Stad skipstunnel, kan nøkkeltala oppsummerast i tabellen under:

	'Rostein' 22.oktober 2018 Årumsundet-Raudeberg	Alternativ seilas gjennom Stad skipstunnel
Distanse (nautiske mil)	29.8	24.7
Tid (timar)	3.75	2.9
Gjennomsnittsfart (knop)	7.95	8.5

Ein ser at både distanse og tid vert lågare med tunnelalternativet.

Når det gjeld drivstoff forbruk og miljøutslepp, så er det vanskeleg å estimere dette eksakt sidan motor- og framdriftseffekt ikkje har blitt målt. I kapittel 3 ser ein eksempel på korleis effekten stig og farten går ned når fartøy vert eksponert for ytre forhold ved passering Stad.

Forbruk av drivstoff over ein seglas vil vere knytt til akkumulert effekt over tid. I dette eksempelet er seglasen gjennom Stad skiptunnel omlag 48 minutt kortare enn seglasen rundt Stad. Dessutan er effektforbruket langt høgare ved passering Stad p.g.a. at ytre forhold medfører langt høgare motstand/effektforbruk enn seglas i fjordar der bølgjene og dei bølgeinduserte fartøyørslene er små.

For å vere i stand til å samanlikne mengde drivstoff ved seglas over Stad versus Stad skipstunnel, må ein ta stilling til kva hastigheter ein skal nytte i analysane.

Eit fartøy må ha ein referansefart. Det er rimeleg å bruke farten fartøyet har ved eit gitt pådrag under rolege vêrtihøve som referanse (effektforbruk tilsvarende "stillevannsmotstand"). Det er vidare antatt at denne farten kan nyttast for heile distansen for tunnelalternativet sidan ein slik seglas vil foregå i rolege forhold.

I analysen er drivstoffforbruk berekna ut i frå ein faktor $kWh/nautisk\ mil$. Denne faktoren seier noko om kor stort energiforbruket er per tilbakelagt distanse. Denne faktoren vil hovudsakleg vere avhengig av fartøytype, lastkondisjon, fart og vêrtihøve.

Modellforsøk er gjennomført for eit 41.75 meter langt fiskefartøy i stille vatn og sjøgang i under værforhold tilsvarende laber bris (Beaufort 4, signifikant bølgjehøgd 2.74 meter), ref. [9]. Resultata frå desse testane er brukt til å gjere eit estimat på fartstap og effektauke. Utgangspunktet for dette estimatet er at propellturlalet er halde konstant. Her er det antatt at fartøyet går med 11.0 knop i stille vatn. Framdriftseffekten er då ca 310 kW. Med same turtal i Beaufort 4-kondisjon vil hastigheita bli ca 7 knop og framdriftseffekten vil bli ca 430 kW. Gjer vi om desse resultata til faktorar (akkumulert effekt per tilbakelagt distanse), vil vi få 28.2 kWh/nautisk mil (ved 11 knop) ved stille vatn og 61.4 kWh/nautisk mil (ved 7 knop) i Beaufort 4.

For å rekne ut drivstoffforbruk er det vanleg å bruke ein faktoren gram per kiloWatt-time (g/kWh)- Drivstoffkostnaden finn ein då lett ved å multiplisere med drivstoffprisen. I analysen er det nytta ein faktor 192 g/kWh. For å rekne CO₂-utslepp multipliserer ein drivstoffforbruket med ein faktor på 3.175 kg CO₂ per kg drivstoff.

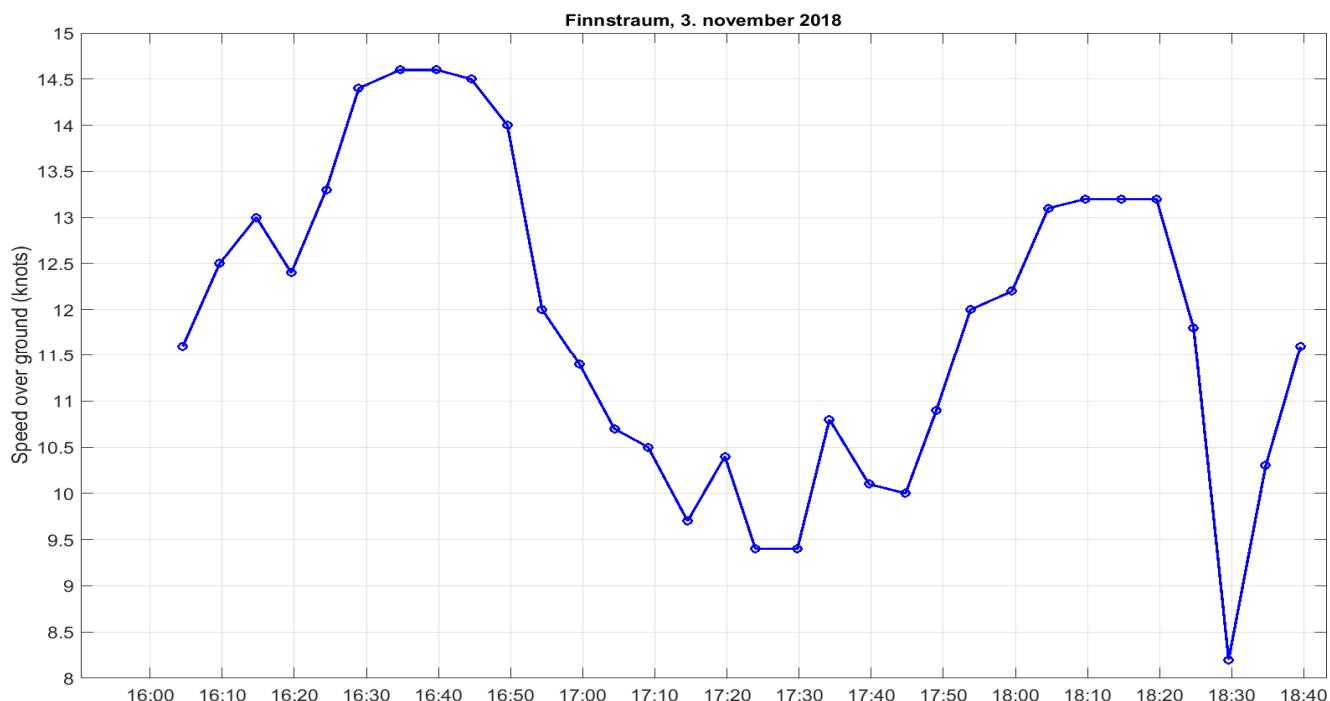
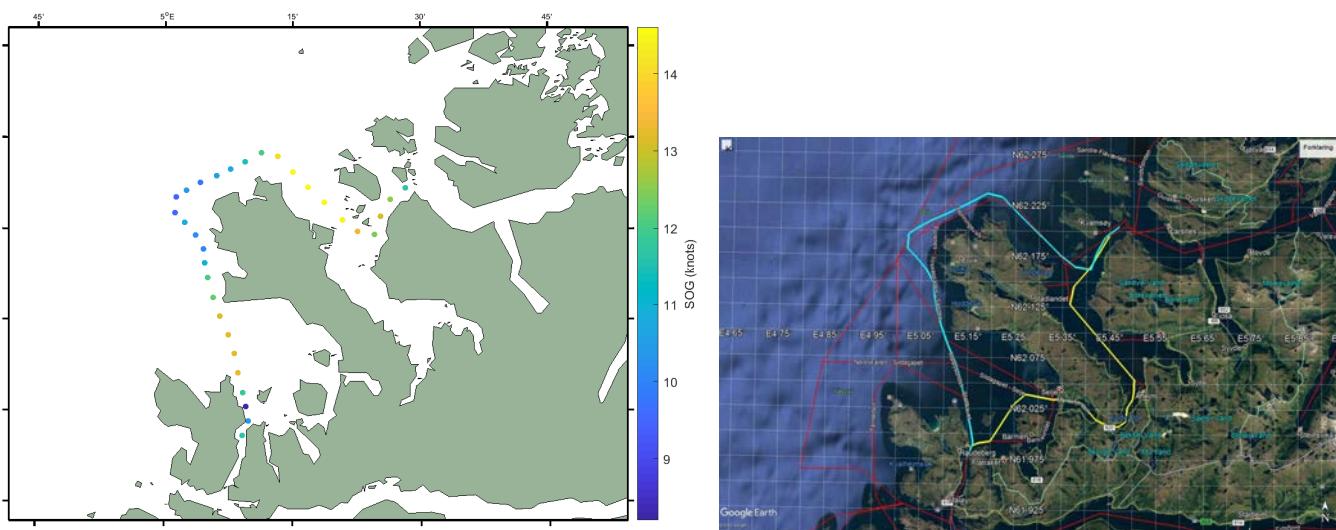
Drivstoffrekneskapen og miljørekneskapen for dei to seglasane vert:

	'Rostein' 22.oktober 2018 Årumsundet-Raudeberg	Alternativ seilas gjennom Stad skipstunnel	% differanse
Distanse (nautiske mil)	29.8	24.7	-17.1%
Tid (timar)	3.75	2.9	-22.7%
Forbruksfaktor (kWh/n.m)	61.4	28.2	-54%
Akkumulert effekt (kWh)	1830	697	-61.9%
Spesifikt brenstofforbruk (g/kWh)	192	192	
Brennstofforbruk (kg)	351	134	-61.8%
CO₂ (kg) (basert på faktor 3.175)	1114	425	-61.8%

Eksempelet viser at det kan vere eit betydeleg potensial for drivstoff- og utsleppsreduksjon ved å nytte tunnelalternativet. I tillegg kjem faktorar som komfort for mannskap, belastningar på fartøy og ikkje minst for denne type fartøy: å behalde kvalitet på fisk som vil vere gunstigare om ein seglar under mindre værutsatte forhold.

5.2 ‘Finnstraum’ (LxB;140x22) 3. november 2018.

3. november 2018 steamar tankaren 'Finnstraum' sørover frå Vardalsfjorden retning Stad. Figur 5-5 viser seglasen frå Årumsundet rundt Stad til Raudeberg. Ein ser at 'Finnstraum' held god fart frå Årumsundet til Vanylvgapet, men ved runding Stad droppar farta betydelig frå ca 14.5 knop til ca 9.5 knop før farten aukar att inn mot Raudeberg. Pådraget på motor- og propellsystem er ikkje kjend.



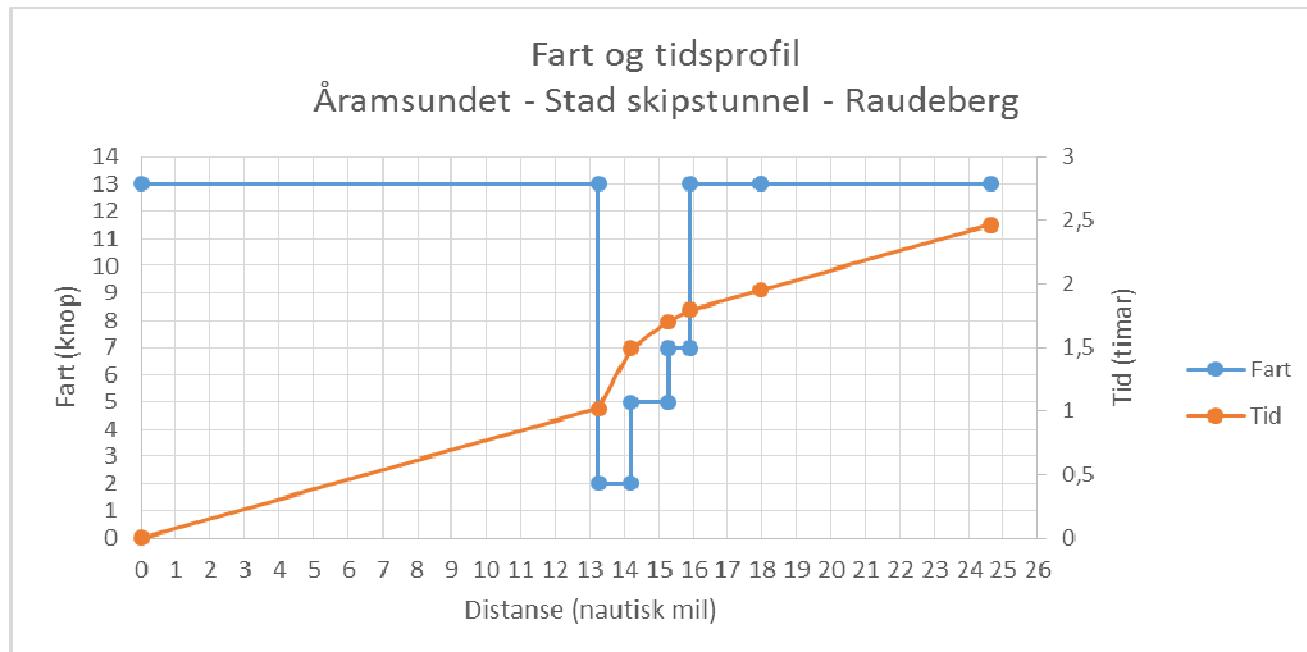
Figur 5-5: 'Finnstraum' steamar frå Årmsundet til Raudeberg 3. november 2018.

Kursen som er valt gir ein tilbakelagt distanse frå Årumsundet til Raudeberg på ca 28.9 nautiske mil. (Til samanlikning er den kortaste leia ca 26.2 nautiske mil.) Tida 'Finnstraum' har brukt frå Årumsundet til Raudeberg er ca 2.5 timer.

Igjen er det naturlege oppfølgingsspørsmålet korleis ein alternativ seglas gjennom Stad skipstunnel hadde tatt seg ut. Om ein brukar tilsvarende ruteinndeling som for 'Rostein'-eksempelet, men med andre hastigheiter knytta til områdeinndelinga 1-6, kan vi få eit estimat på dette.

Det er her antatt at 'Finnstraum' held 13 knops fart i områda med 'steaming'. Hastigheiter, distanse og tidsbruk er vist i tabellen under og skissert i figur 5-6 (for definisjonar av område, sjå figur 5-3).

	Fart (knop)	Distanse (nm)	Tid (Timar)
Område 1	13	13.3	1.02
Område 2	2	0.9	0.47
Område 3	5	1.1	0.22
Område 4	7	0.6	0.09
Område 5	13	2.1	0.16
Område 6	13	6.7	0.52
		24.7	2.5



Figur 5-6: Estimert fart- og tidsprofil for seglas frå Årumsundet til Raudeberg.

Samanliknar vi den verkelege seglasen 3.november med den alternative seglasen gjennom Stad skipstunnel, kan nøkkeltala oppsummerast i tabellen under:

	'Finnstraum' 3.november 2018 Årumsundet-Raudeberg	Alternativ seglas gjennom Stad skipstunnel
Distanse (nautiske mil)	28.9	24.7
Tid (timar)	2.5	2.5
Gjennomsnittsfart (knop)	11.56	9.88

Ein ser at dei to seglasane kjem likt ut tidsmessig, med distansen rundt Stad er ca 4.2 nautiske mil lengre.

Når det gjeld vurdering forbruk av drivstoff og miljøutslepp, så har ikkje motor- og framdriftseffekt blitt målt på seglasen 'Finnstraum' hadde 3. november 2018. Det er difor velt å bruke same analogi som for 'Rostein'-eksempelet for estimering av drivstoffforbruk, men sidan dette er eit langt større fartøy, må ein bruke andre faktorar for kWh/nautisk mil. Det er estimert ein faktor på 154 kWh/nautisk mil for 13 knop i stille vatn (basert på modellforsøk).

Om ein ser tilbake på kapittel 4 der fullskala målingar av effekt og fart for eit fartøy i denne storleikskategorien vart målt for ulike seglasar over Stad, ser ein at effektauka er ca 11-22% for fartstap 1.5 til 2.5 knop. Ser vi på 'Finnstraum'-målingane er fartstapet langt større, men sidan ein brukar ein midla kWh/nautisk mil-verdi over heile seglasen frå Årumsundet til Raudeberg er det velt å bruke ein kWh/nautisk mil-faktor som er 25% høgare, dvs 192 kWh/nautisk mil.

Drivstoffrekneskapen og miljørekneskapen for dei to seglasane vert som følgjer:

	'Finnstraum' 3.november 2018 Årumsundet-Raudeberg	Alternativ seglas gjennom Stad skipstunnel	% differanse
Distanse (nautiske mil)	28.9	24.7	-15 %
Tid (timar)	2.5	2.5	-0 %
Forbruksfaktor (kWh/n.m)	192	154	-20%
Akkumulert effekt (kWh)	5549	3804	-31%
Spesifikt brennstofforbruk (g/kWh)	192	192	
Brennstofforbruk (kg)	1065	730	-31%
CO2 (kg) (basert på faktor 3.175)	3381	2318	-31%

Også i dette eksempelet ser ein at brennstofforbruket er høgare ved seglasen rundt Stad. Tida ein brukar på dei to alternativa er tilnærma like basert på estimert fartsprofil. Forklaringa til auka forbruk kan då knytast til lengre tilbakelagt distanse samt langt høgare fartøymotstand spesielt p.g.a. bølgjer rundt Stad.

6 Fartstap på Stadhavet og i skjerma farvatn nordom Stad for ulike skip

Som nemnt tidligare i diskusjonen om tids- og energiforbruk ved å passere Stadhavet samanlikna med tunnel må ein også betrakte kva rute som blir valt på Møre og Romsdal sida av Stad. I dette kapittelet blir eksempel på dette presentert basert på AIS data for forskjellige fartøy (www.marinetraffic.com) for enkelte dagar gjennom dei siste vekene (oktober-november 2018) med kulingvarsel for Stad og Nordvestlandet.

Dette er kombinert med bølgjevarsel for denne delen av kysten for å få innsikt i høgd og retning på bølgjene som ligg grunn for navigatøren sitt val av rute.

Bølgjedata er henta frå linkar under yr.no ('værkart'/'bølgehøyde' og 'Hav og Kyst'- 'Bølgevarsel for farleder'; <https://www.barentswatch.no/bolgevarsel/stad/1>).

Skipa som er presentert dekker mange forskjellige fartøykategoriar og har ulike dimensjonar på skroget.

For to av fartøya, har vi lykkast i få kontakt med kaptein/styrmann og stilt spørsmål om grunn for rutevalet.

AIS kart med detaljar om rute og fart er presentert i vedlegg A til E saman med nemnte bølgjevarsel.

Vurdering av hovuddimensjonar på skroget (lengd og breidd) i forhold til ruteval og endring av fart mellom skjerma farvatn og utaskjers, så gir dette inntrykk av at mange ulike fartøy vil ha nytte av å gå i skipstunnelen.

Signifikant bølgjehøgd har betegnelsen Hs.

6.1 14. oktober 2018–Hs omlag 2 meter-sørvestlig. Fire fartøy (Vedlegg A).

Referansar til AIS kart og bølgjevarsel er presentert i **Vedlegg A**.

På ettermiddag og kveld denne dagen var fire fartøy på sørgåande i indre lei før passering av Stad. Bølgjevarselet viste Hs i underkant 2 meter for Stadhavet og kysten av Sunnmøre.

Det er verdt å merke seg at bølgjekartet viser kryssande bølgjer. Det gjeld også for fleire eksempel framover og dette fenomenet, dvs. bølgjer som er skapt av den lokale vind og samtidig med dønning frå fjerne vindfelt, er ganske vanlig på havet (og spesielt i Norskehavet frå Stad og nordover som er mest eksponert for dønning frå Nord-Atlanteren).

I slike tilfelle er ofte vanskelig å finne ein kurs for å oppnå akseptable rørsler i fartøyet. Dessutan kan fartstap og energiforbruk til framdrift bli ekstra stor sidan skroget blir utsett for 'stampsjø' i den eine bølgjeretninga og sidesjø for det andre bølgjetoget. Sistnemnte medfører rull- og giring i skroget som krev store rorvinklar som også representerer tapt energi og redusert fart. Dette blir ofte omtalt som *styringstap*.

6.1.1 'Samba' (LxB;130x21m)- Containerfartøy

AIS kartet viser at båten kjem frå nord og passerer Ålesund og går inn Breisundet og vidare i indre lei og ut Vanylvgapet før passering av Stad.

6.1.2 'Grinna' (LxB;116x17m)- General Cargo

Frå ruta til 'Grinna' ser ein at båten har to anløp inne i fjordane på Sunnmøre, og den valte ruta er derfor eit logisk val for vidare seglas sørover uavhengig av værforhold lenger ut mot kysten.

6.1.3 'Havila Troll' (LxB;92x18m)- Offshore fartøy

Gjennom telefon-kontakt med kaptein på denne båten vart det fortalt at det ikkje var værforholda som var hovudgrunn for å velge indre lei i dette tilfellet. Det var ein «maskintest» som var planlagt og denne var tryggast å gjennomføre i skjerma farvatn.

Kapteinen nemnde at han hadde farledsbevis for heile kysten og hadde navigert ulike fartøy i andre rederi før han kom ombord i 'Havila Troll'.

Han kom med følgjande kommentarar med relevans for detaljar knytt til sikkerheit ved seglas langs kysten:

- Han prøver å unngå å seile i Flåværleia ved sørvest kuling. Dette på grunn av at det ofte er dårlig sikt i området og det kan ta litt tid før radarbiletet stabiliserer i området med 'ureint farvatn' ved Flåvær før ein kjem lenger ut i ope hav.
- Ved passering Stad er spesielt viktig å følgje med om bårene bryt eit område han kalla for 'Vosså'. Dette var teikn på fare for brytande og kryssande bølgjer med refleksjon frå land. I slike tilfelle hadde han erfaring for legge kursen lenger ut der djupet var rundt 200 meter.
- Basert på lang erfaring til sjøs og mange seglasar langs kysten, så støtta han skipstunnelen. Men som kaptein på offshore fartøy som mest går frå landbasar og rett ut til offshore områda i Nordsjøen, meinte han at tunnelen ikkje ville bli mykje brukt av denne fartøy-gruppa.

6.1.4 'Pioneer Knutsen' (LxB;69x12m)- LNG Tanker

Dette er det minste fartøyet av dei fire som er omtalt i dette kapittelet der to AIS kart er presentert for denne tankbåten; ett som dekker ruta over Hustadvika og det andre kartet for indre rute før passering av Stad.

Fart og posisjon er indikert for enkelte punkt på ruta.

Det er verdt å merke seg forskjellen i fart mellom ope hav og i den indre leia. Mens farten er mellom 5 og 9 knop over Hustadvika og på Stadhavet, er den over 12 knop inne i fjorden der fartøyet er skjerma for bølgjer og dønning.

Dette fartstapet ser ein i dei vidare avsnitta også for andre fartøy. Det er vel kjent at storleik på båten og spesielt lengda har stor betydning for fartstap og energiforbruk i sjøgang.

Førstestyrmann på 'Pioneer Knutsen' svarte følgjande om val av rute og nytten av ein skipstunnel etter at båten hadde nådd destinasjonen på Kolsnes:

- Indre lei blir vanlegvis valt sjølv om vind og sjøgang indikerer moderate bølgjer i varselet. Ifølge første styrmann er ikkje bølgjevarselet påliteleg når vinden har spakna etter ein kuling/storm.
- Indre lei blir valt på grunn av omsyn til kvalitet på kviletid/søvn for mannskapet og på grunn av stort fartstap utaskjers.
- På nordgåande, når det er roligare forhold, passerer dei ofte kysten av Sunnmøre, og kjem då ofte inn i straumar med same retning som dermed er gunstig for fart og forbruk.
- På spørsmål om nytten ved skipstunnelen under liknande værtihøve som denne dagen var svaret 'JA, vi ville nok nytte tunnelen men ikkje dersom ein måtte vente ein time eller to for å gå i konvoi'.

6.2 22. oktober 2018–Hs 4-5 meter. Tre fiskefartøy og ein brønnbåt (Vedlegg B).

Om kvelden denne dagen var det kraftig sjø i havet utanfor Stad og Møre. Som bølgjevarselet i **Vedlegg B** viser var retninga vest-sørvest og Hs opp mot 5 meter over ei strekning på om lag 30 nautiske mil mellom Måløy og Røyresund med maksimal bølgjehøgd på 9-10 meter. Varselet indikerer også kryssande bølgjer, og slike forhold gjer det ekstra vanskeleg å gå på ein kurs for å unngå store rørsler og akselerasjonar.

6.2.1 'Rostein' (LxB;44x10m) - Brønnbåt.

AIS data viser at reduksjonen i fart på Stadhavet er heile 5 knop i forhold til i den indre leia. Det grunn til å tru at den rådande sjøtilstanden har indusert kraftig dynamikk i fartøyet på Stadhavet i tillegg til fartstapet. Denne fartøytypa er det forresten bygd mange av dei siste åra, og representantar frå brønnbåtreiarane har ofte påpeika at sjøgang kan vere svært uheldig for kvaliteten på laksen/smolten som desse båtane fraktar.

6.2.2 'Gunnar Langva' (LxB;71x14m) - Fiskebåt – Ringnot/trål.

I punktet som er observert for denne fiskebåten i den indre leia er farta 10.7 knop som blir redusert til 8.7 knop utanfor Stad.

6.2.3 'Fiskeskjær' (LxB;75x16m) - Fiskebåt – Ringnot/trål.

Reduksjonen i fart mellom det skjerma området nord for Stadlandet og i havet utanfor indikerer 2-3 knop.

6.2.4 'Straumbas' (LxB;50x11m) Fiskebåt – Ringnot/trål.

Vi har ikkje notert fart på denne båten, men gitt betydinga som skipslengda har for hastigkeit, effekt og drivstoff, kan ein forvente ein fartsreduksjon som ligg mellom 'Rostein' og dei to andre ringnot-trålarane, dvs. om lag fire knop.

6.3 1. november 2018–Hs 3-4 meter. To fartøy (Vedlegg C)

Bølgje- og vindvarslet for Stadthavet kl.23 denne kvelden indikerer ei vanleg vindretning og sjøtilstand for Stad og sørlege del av kysten utanfor Møre og Romsdal. Hs er maksimalt rundt 2.5 m utanfor Stad og lenger inn mot kysten rundt 1.5m.

6.3.1 'Mergus' (LxB;100x16m) - Asfalt-tanker.

Dette er eit tankfartøy som seglar under kypriotisk flagg og som AIS kartet viser, har fartøyet segla inn frå havet og vidare inn Ellingsøyfjorden før returnen mot sør og indre lei. Farta her er mellom 13 og 14 knop, og blir redusert til under 12 knop ved Stad.

6.3.2 'Falkaas' (LxB;50x11m) - Fraktfartøy.

Denne frakteskuta går mot nord og basert på to punkt der fart og posisjon var registrert, gir det inntrykk av liten forskjell i fart mellom passering utanfor Stad og inne i fjorden. Men også i dette tilfellet blir indre lei føretrekt trass i at dette er ei lenger strekning enn alternative ruter ute.

6.4 3. november 2018–Hs 3-4 meter. Fire fartøy med forskjellig rute og kurs (Vedlegg D)

Denne dagen var fire fartøy observert av forskjellig type og storleik. Ifølgje varselet var Hs 3.3 m på det meste utanfor Bukketjuvane ved Stad om formiddagen og auka deretter til litt over 4 meter i same området seinare på dag (varsle kl.13).

6.4.1 'KV Sandefjord' (LxB;95x24m) - Offshore fartøy.

Dette fartøyet var på nordgående kurs med destinasjon Hammerfest. Som AIS kartet viser dreia også denne båten mot indre leia med om lag same fart (rundt 8 knop) som utanfor Stad. Det at farta varierte lite har sannsynligvis samanheng med at hovudretning på miljøkreftene var frå sør og dermed hadde dei vind/bølgjer bakfrå. Men trass i dette ser vi at båten har gått indre lei og dermed lenger veg enn å via Flåværleia eller Rundeleia.

6.4.2 'Fugro Gauss' (LxB;69x13) - Forskningsfartøy.

AIS kartet viser veldig stor reduksjon i fart for dette fartøyet som varierer frå ca. 8 knop i inne i fjorden og redusert til under 2 knop når den kjem vest av Stadlandet.

6.4.3 ‘Green Atlantic’ (LxB;94x16) - ‘Reefer’ (kjøle/fryseri fartøy).

Her har vi inkludert ruta til båten nord og vest for Ålesund. Den ‘vinglete’ kursen kan tyde på problem om bord sidan den brått endrar kurs mot nord ut i havet for deretter å gå sørover med ny kursendring i Breisundet. Det endar med å seile Flåværleia og Haugsfjorden vidare sørover mot Stad.

Reduksjonen i fart er på heile 6 knop mellom posisjonen i Vanylvgapet på nordsida av Stadlandet der den er i ly av dei store bølgjene og posisjonen lenger ut i havet.

6.4.4 ‘Finnstraum’ (LxB;140x22) - Olje- og kjemikalietankar.

Dette er eksempel på eit relativt stort fartøy på sørgåande kurs som også har betydelig forskjell i fart mellom skjerma farvatn og utover Stadhavet. Meir detaljer om fartsendring og estimat på forbruk av drivstoff og CO₂ utslepp samanlikna med ei tunnelrute er presentert i kap. 5.1.2.

6.5 ‘Trollfjord’ (LxB;136x21.5). To eksempel på passering av Stad i grov sjø (Vedlegg E).

Den 15.oktober 2017 segla hurtigruta ‘Trollfjord’ i den indre leia gjennom Sunnmøre og sløyfa dermed den vanlige stoppen i Torvik. Her var ikkje bølgjevarsel tilgjengelig, men data frå bølgjemålingsbøyer i Breisundet og Sulafjorden er presentert under AIS kartet av ruta til ‘Trollfjord’.

Ved den ytterste målebøya var Hs målt til vel 2 meter rundt midnatt samtidig som ei bøye litt lenger inne i fjorden målte om lag halvparten av dette. Forskjellen mellom dei to bølgjeboylene, som det er relativt kort avstand mellom, gir inntrykk av korleis land og øyar dempar energien frå bølgjene frå storhavet. Vindmålinga på den ytre bøya viser opp mot 18 sekundmeter like før midnatt denne kvelden (sterk kuling).

Vel ein månad seinare, den 18. november, gjentok ‘Trollfjord’ same seglasen. Plottet av fart mot tid viser at båten heldt omlag 15 knop etter avgang Ålesund over heile strekninga nordom Stadt då farten droppa ned til 10-11 knop. Bølgjekartet for Stadhavet denne kvelden viser Hs 4-6 meter med retning frå vest-nordvest.

Ein kan anta at hovudgrunnen for at valet om å gå innaskjers i dei to tilfellene, var å få redusert tid i sjøgang for å skåne passasjerar og mannskap for ubehag og slitasje som høge bølgjer medfører.

Med ei tunnelrute ville ein kunne oppretthalde god komfort heile vegen til Måløy og dessutan oppnå ein tilleggsgevinst gjennom lågare brennoljeforbruk og redusert slitasje på maskineri- og framdriftssystem.

7 SLUTTKOMMENTARAR OG OPPSUMMERING

Denne rapporten viser at spørsmålet om passeringstid, fart, forbruk av drivstoff og utslepp av miljøgassar for fartøy langs kysten forbi Stad og Nordvestlandet, krev ein studie av alternative ruter på nord om Stad for å forstå korleis val av rute er knytt til type fartøy, hovud-dimensjon og bølgjeforhold.

Med skipstunnel i kombinasjon med den mest bølgjeskjerma ruta på søre Sunnmøre blir distansen redusert og fartøya vil samstundes unngå to strekningar på kysten som ifølgje 'Den Norske Los' er kartlagt som område med farlege bølgjer.

Observasjon av skipstrafikk på Nordvestlandet og Stadhavet kombinert med berekningar av energiforbruk og fartstap i sjøgang, viser at Stad skipstunnel vil bidra til å redusere forbruk av drivstoff og miljøgassar i tillegg til at fartøya kan passere raskare under dei bølgjeforholda som råder på denne delen av kysten gjennom store deler av året.

Ei kartlegging er gjort over dei siste tre vekene (i oktober-november 2018) for enkelte dagar med kulingvarsel for aktuell del av kysten for få inntrykk av den nemnte samanhengar mellom type og storleik på fartøy, sjøtilstand og val av rute. I nemte AIS-studie er det ingen data for samtidig fart og motoreffekt.

Men rapporten presenterer også samtidig data for motoreffekt og fart som er målt og analysert for et 130 meter langt og vel 20 meter breitt fartøy som har passert Måløy og Stad via Flåværleia. Dette er basert på eit tidligare prosjekt med datainnsamling og intern forsking på dette fartøyet.

Eksempla som er presentert gjennom AIS-studien inkluderer ikkje alle dagar med kuling og dekker heller ikkje alle fartøy som har passert i indre lei i nemte tidsrom når skipstrafikken for området har blitt overvaka.

Felles for dei totalt 17 fartøya som er omtalt, er at bølgjevarselet for Stadhavet var samanliknbart med gjennomsnittleg bølgjehøgd for området ifølgje bølgjestatistikken som er presentert og i nokre tilfelle var signifikant bølgjehøgd over gjennomsnittet for vinterhalvåret.

For 2 av dei 17 fartøya som er kartlagt, har vi studert detaljer for rute, fart og tidsforbruk på strekninga Årmsundet-Raudeberg og estimert forbruk av drivstoff og CO₂ utslepp.

Same berekning er gjort for ein tenkt tunnel mellom same endepunkt (Årmsundet og Raudeberg), der forbruk og utslepp for den faktiske ruta forbi Stad og tunnelruta er samanlikna for kvar av dei to båtane.

Det eine av dei to fartøya, som har lengde 44 meter er representativt for ei av dei mindre fartøygruppene som vil få nytte av å gå i tunnel, mens den andre båten med lengde 140 meter og bredde 22 meter, representerer dei største som kan passere i tunnellen.

Berekninga viser at det minste fartøyet sparar 50 minutt på å gå i tunnel og reduserer samtidig forbruket av drivstoff og CO₂ utslepp med omlag 60% (689 kg CO₂) mens den største vil bruke om lag same tid på dei to rutene med få redusert drivstoff og utslepp med rundt 30% (1063 kg CO₂). Største reduksjonen i CO₂ utslepp er frå den store båten sjølv om denne relative endringa er minst. Forklaringsa på dette er at motoreffekt er høgare for den store båten.

Dersom ein antar at middelverdi av forbrukt drivstoff til dei to båtane representerer snittet for dei 17 fartøya som er med i denne AIS kartlegginga, vil 'tunnel ruta' for dei 17 båtane representera ein reduksjon av CO₂ på omlag 15 tonn.

For å sette dette i perspektiv i forhold til klimagass utslepp frå vegtrafikken her i landet med basis i fersk statistikk for klimagassar frå personbiler (Opplysningsrådet for Veitrafikk [10]), så representerer 15 tonn CO₂ det årlege utsleppet frå 14 personbilar med køyrelengde 15000 km per år.

I evaluering av samfunnsøkonomisk nytte og kostnad av Stad skipstunnel bør det gjennomførast ei grundig analyse av både forbruk av drivstoff og klimagass utslepp (CO₂, NO_x) der ein tek omsyn til eit relevant tal på fartøy som passerer Stad som vil få både redusert tids- og drivstoffkostnad ved tunnelalternativet.

Ein må då estimere effektforbruk for ulike fartøygrupper, og basert på statistiske bølgjedata gjere anslag på effektauke og fartstap ved passering Stad.

Klima-kostnader er estimert i KS2 men rapporten forklarer ikkje kva som er grunnlaget for berekninga.

Det er nytteverdien av tunnel som konsekvens av redusert ventetid sør- og nord for Stad (på grunn av bølgjer) som er omtalt som den store kostnadsgevisten i KS1 og KS2.

I KS2 rapporten står det at « *I KV2 utgjør spart ventetid den klart største nyttevirkningen, mens den i KS 1 utgjør mindre enn 10 % av den totale nytten. Nyttevirkningen følger av at fartøy som tidligere måtte vente med å passere Stad i dårlig vær i stedet kan benytte tunnelen. Ventetiden har en kostnad, og skipstunnelen fører dermed til sparte ventekostnader»*

Men som denne rapporten viser, er det også ein potensielt stor nytteverknad av skipstunnelen som følgjer av at fartøy som tidlegare måtte passere Stadhavet i dårlig vær i staden kan nytte tunnelen. Seglasen på Stadhavet har ein kostnad i form av redusert fart og ekstra motstand og energiforbruk på fartøyet, og skipstunnelen vil dermed føre til redusert forbruk av drivstoff og utslepp av klimagass.

Rapporten dokumenterer også at fartøy som vel farleier som er skjerma for havbølger vil få mindre slitasje og utmattingsbelastning på motor og propellsystem. Dessutan er det vist til intervju med ein styrmann som forklarer at ei lengre, men meir bølgjeskjerma rute ofte blir føretrekt på grunn av omsyn til kvalitet på sovn og kviletid for mannskapet.

REFERANSAR

[1] Konseptvalutredning - Stad skipstunnel, KV rapport rev.1 20.12.2010.

[2] Bølgeforhold på Stadhavet. Kommentarer til konseptvalgutredning av Stad Skipstunnel. RRM RRM-R&T_02-011. 5 april 2011

[3] «Driftsanalyse: Samanlikning av drivstoff-forbruk og fartstap ved passering av Stad og gjennom tunnel.» RRM-R&T_11-004.01. 24 august 2011

[4] 'The Oceanographic Data Acquisition Project ODAP' 1980-1985; Tore Audunsson, Stephen F. Barstow, Oceanographic Centre, Trondheim.

[5] "On the importance of spectral wave obeservations in the continued development of global wave model" Proceedings of the Fifth Int. Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis WAVES2005;3-7 July 2005, Madrid, Spain.

[6] "Virkninger av klimaendringer for transportsektoren", Rapport fra en tverrfaglig arbeidsgruppe (ISBN 978-82-7704-106-3).

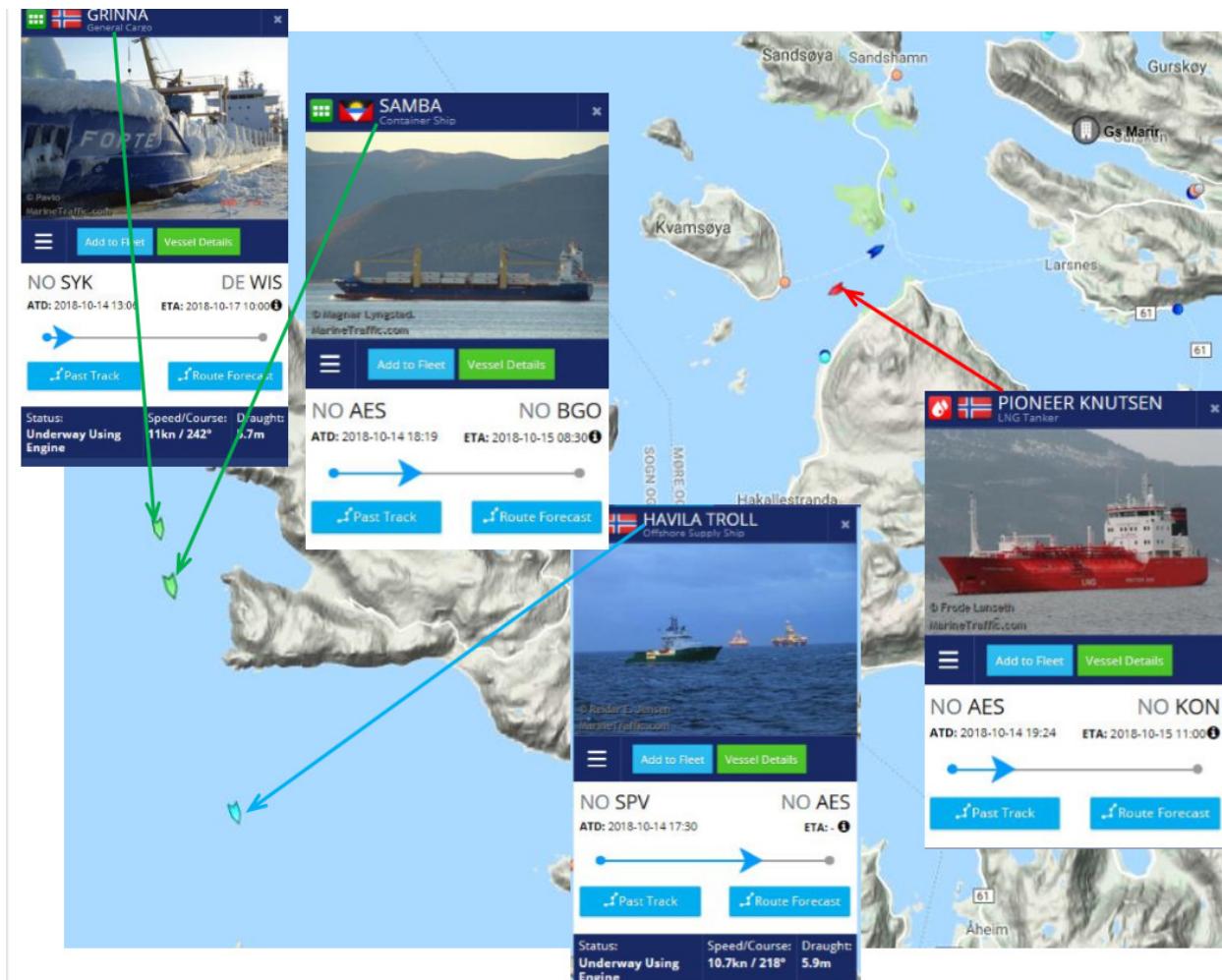
[7] 'Environmental Data from off Stad, Oct-Nov 1985. SINTEF- Oceanographic Center. Rep.no. 59.0028.03/01/86.

[8] 'Den Norske Los - Farvannsbeskrivelse Stad-Rørvik'. Bind 4. PDF versjon 7.1. Utgitt av Kartverket Sjødivisjonen. 2014.

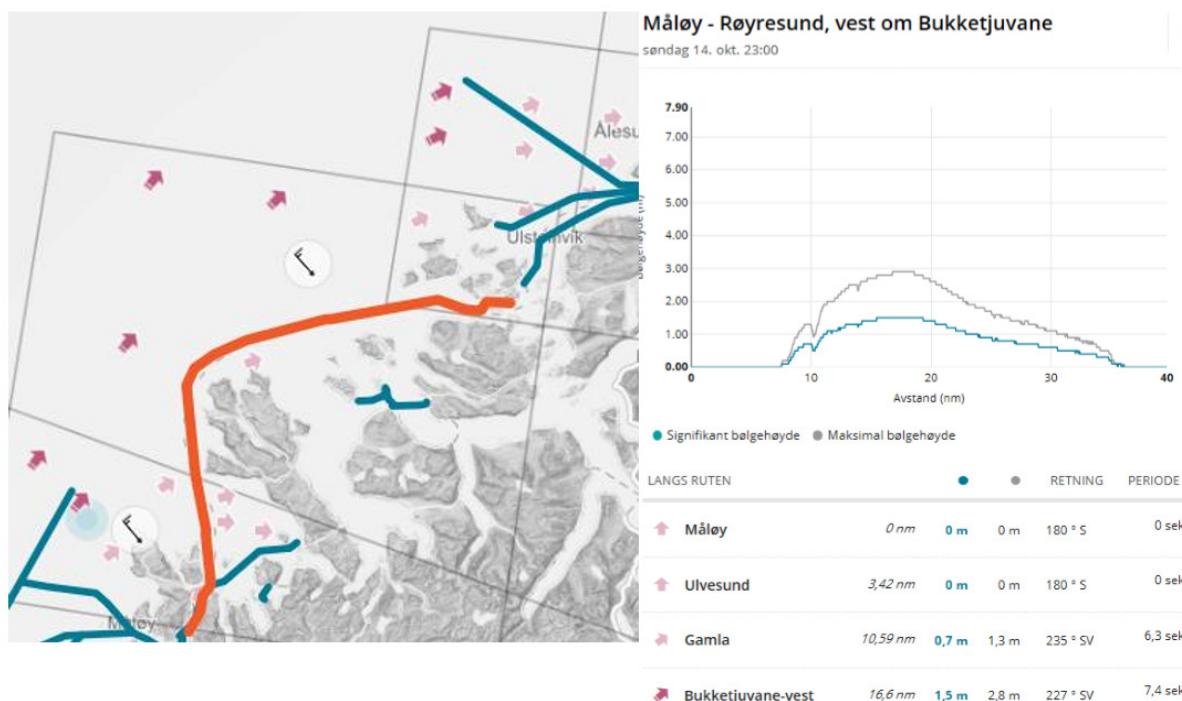
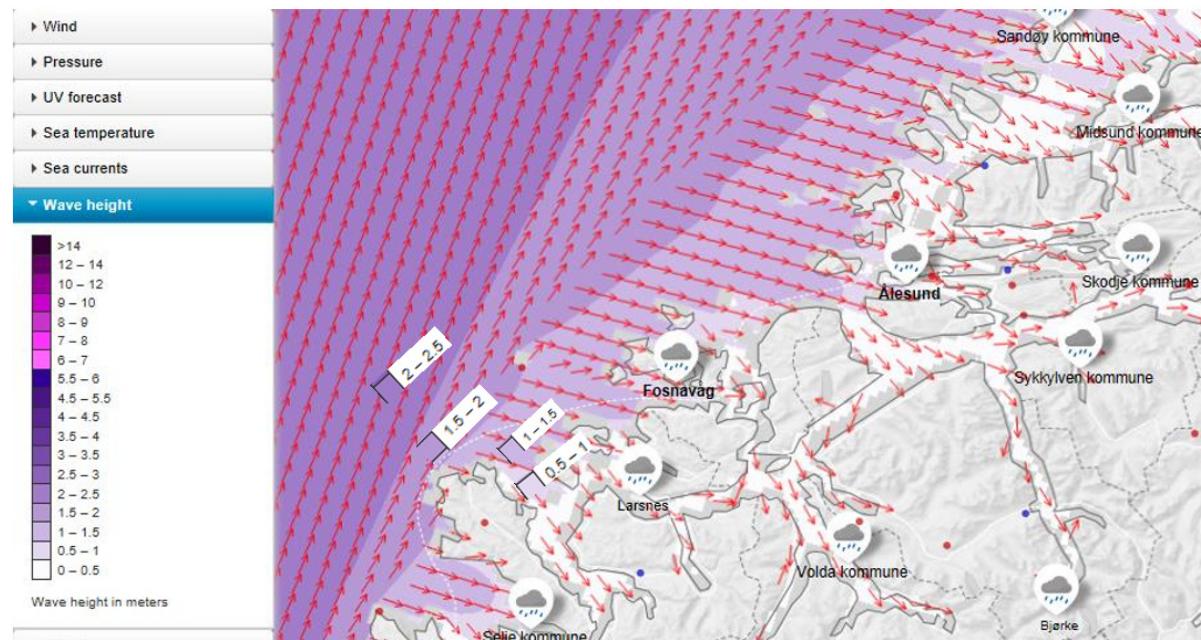
[9] Arne Åkre, Resultater fra modellforsøk i stille vann og sjøgang med linebåt, M-1597, NHL rapport, 1984.

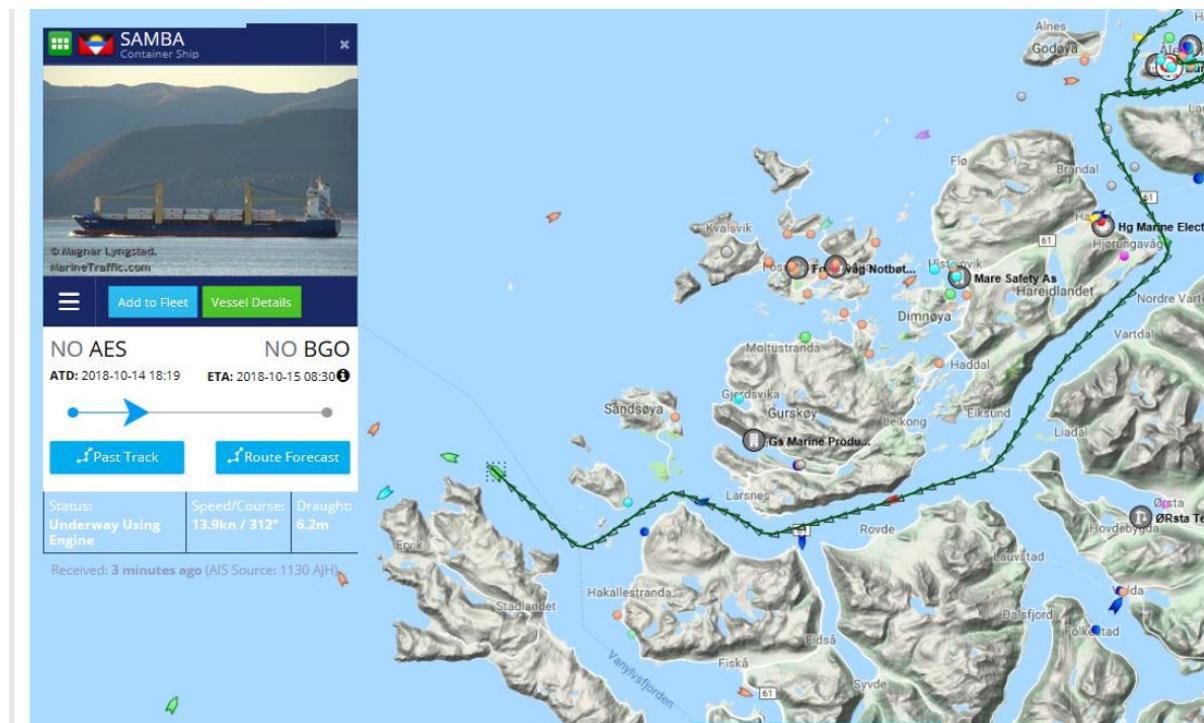
[10] <http://www.ofvas.no/co2-utslippet-i-oktober/category786.html>

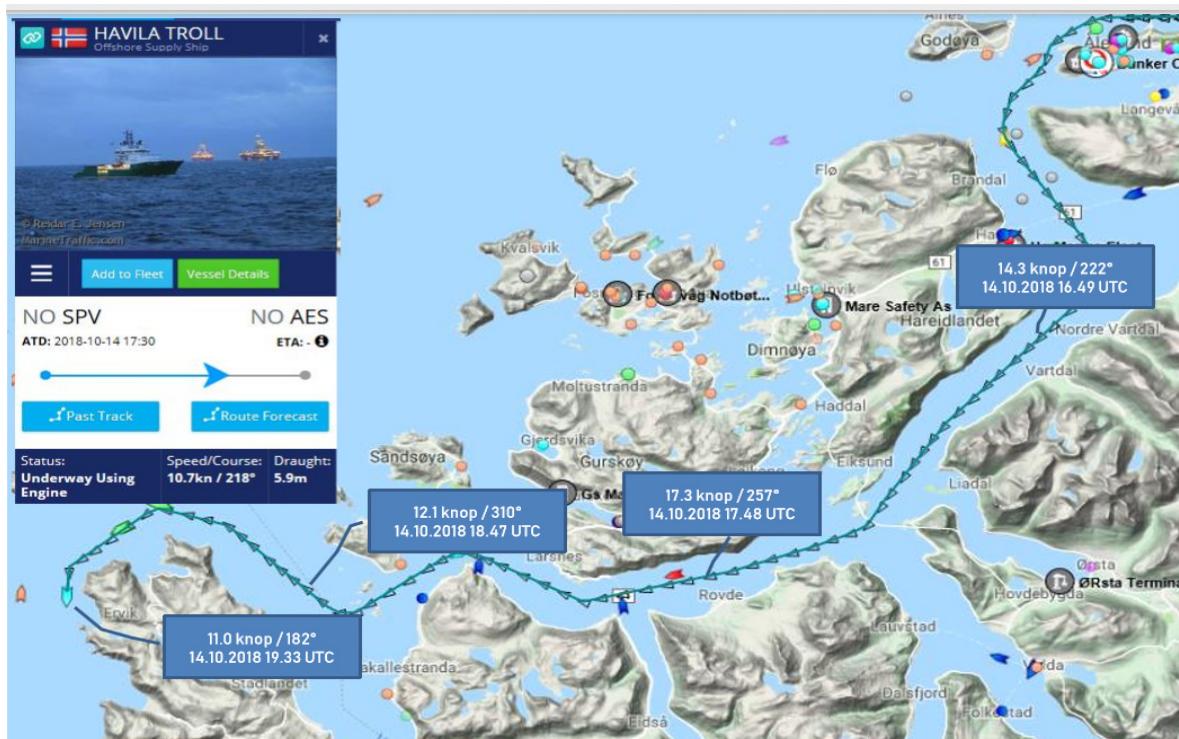
Vedlegg A : 14.oktober 2018; Hs 2-2.5m – fire fartøy.

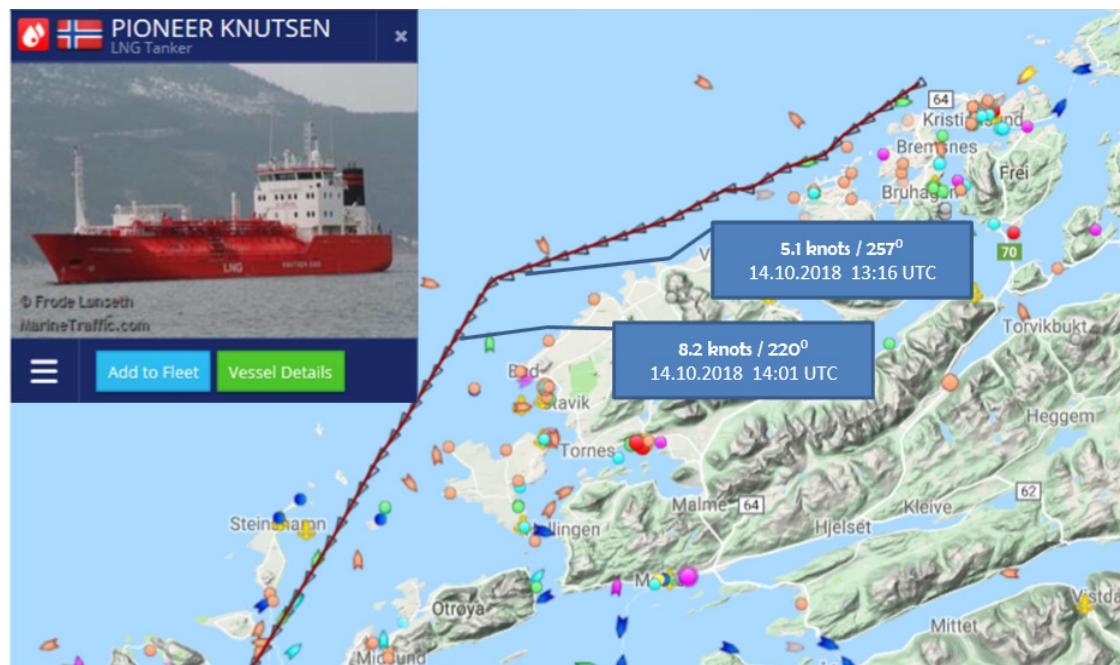


Bølgevarsle Sunnmøre og Stadt – 14 oktober 21:30



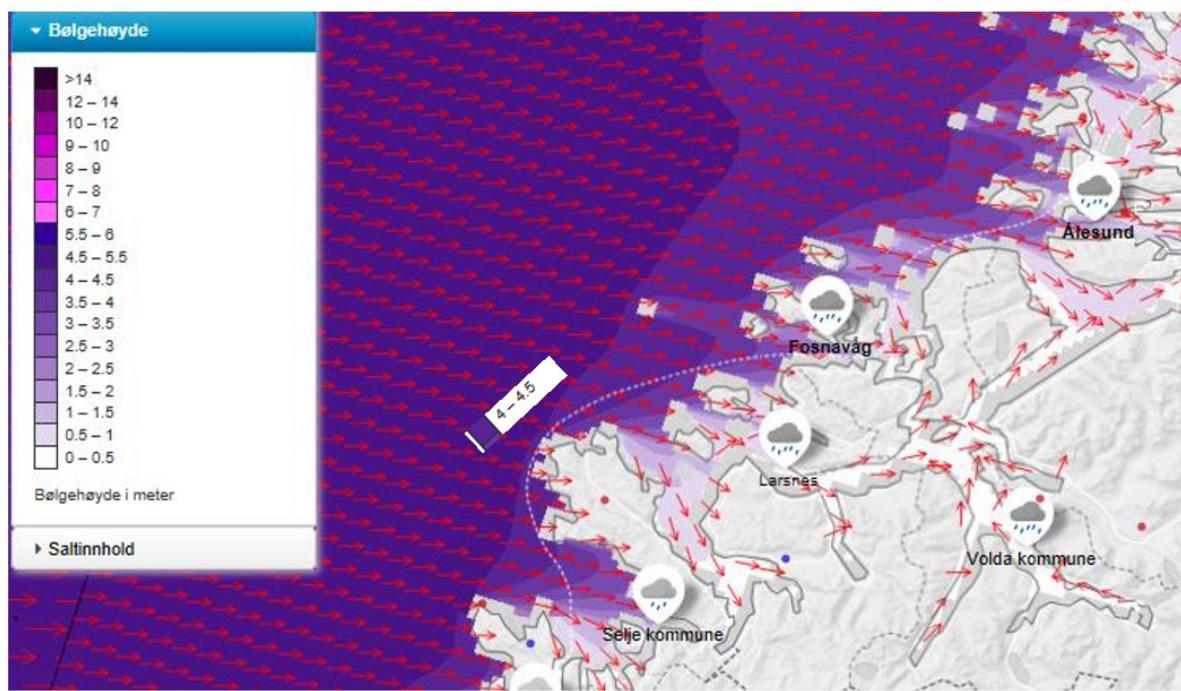






Vedlegg B : 22.oktober 2018. Hs 4-5m. Tre fiskefartøy og ein brønnbåt.

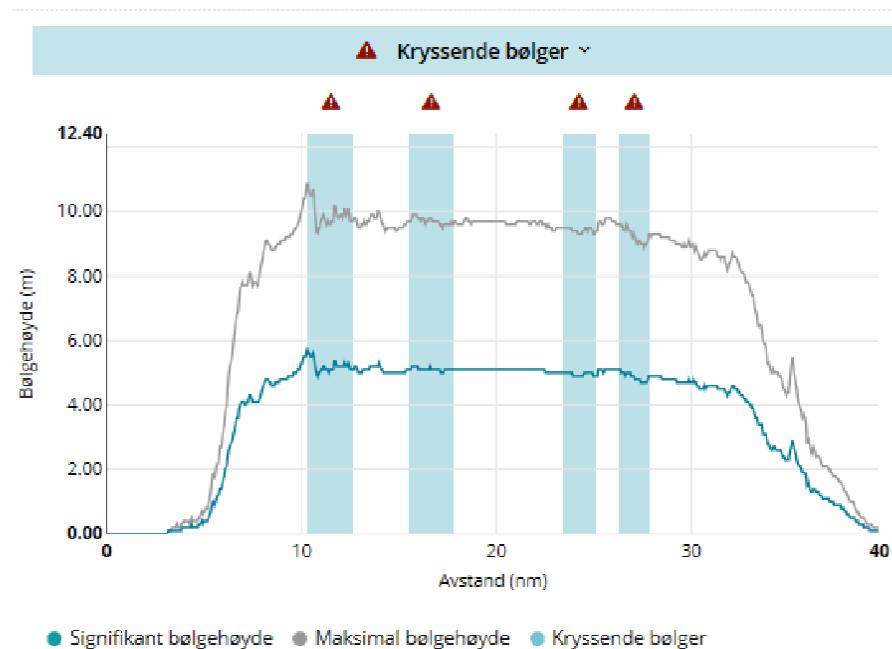
Bølgevarsel 22 oktober 2018



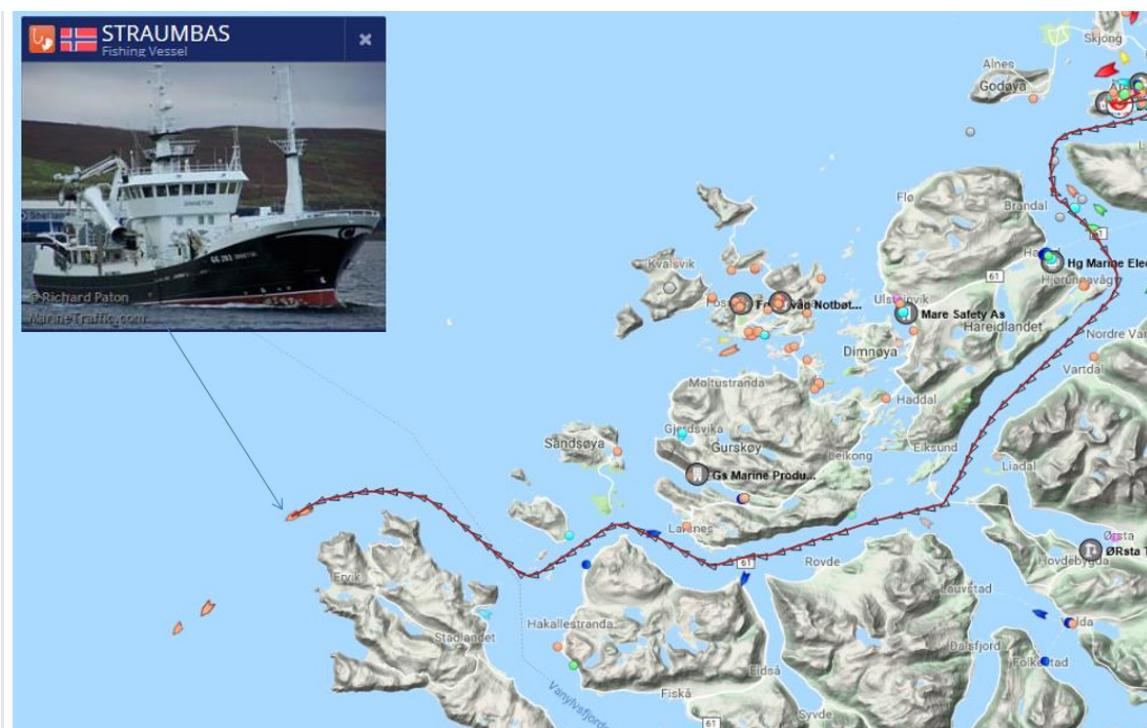
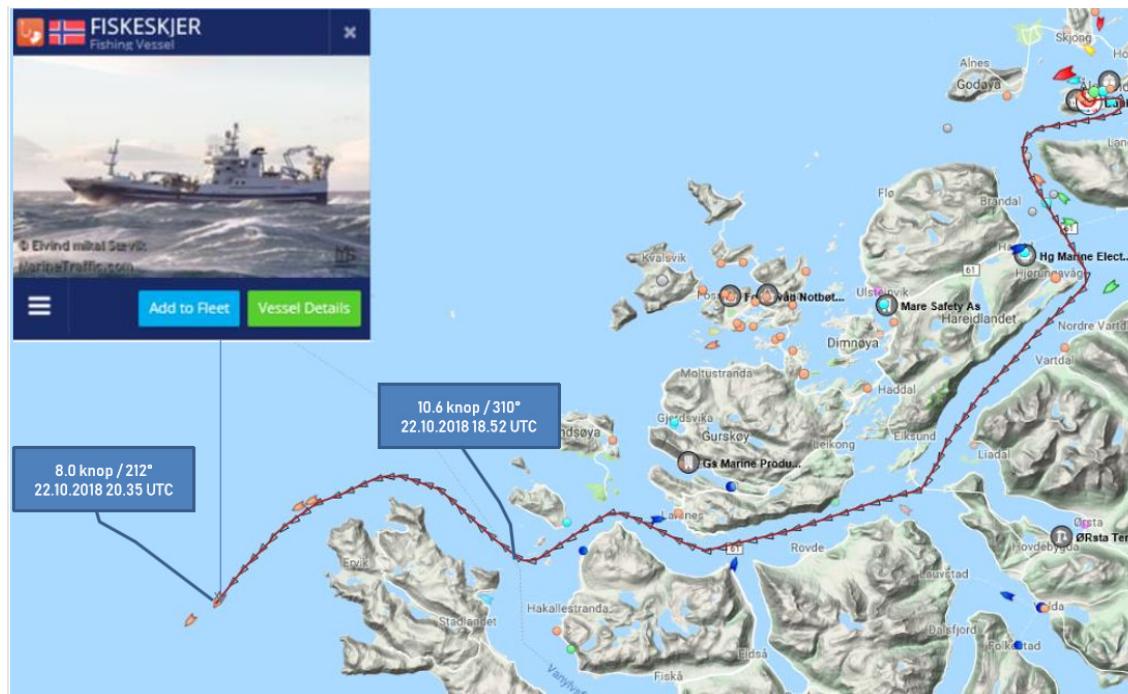
Bølgevarsel – Stadt ; 22 oktober 2018

Måløy - Røyresund, vest om Bukketjuvane

mandag 22. okt. 23:00

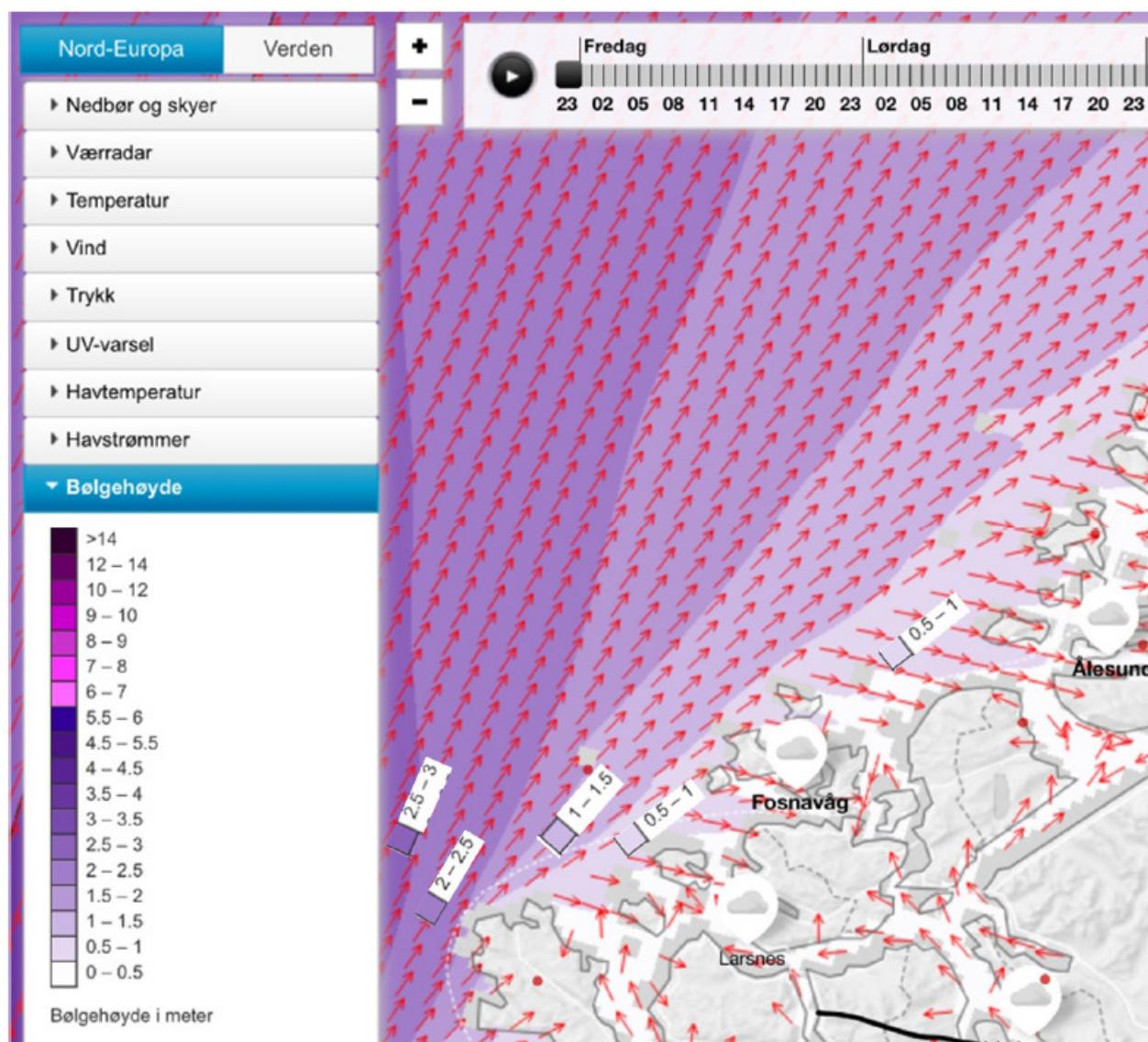


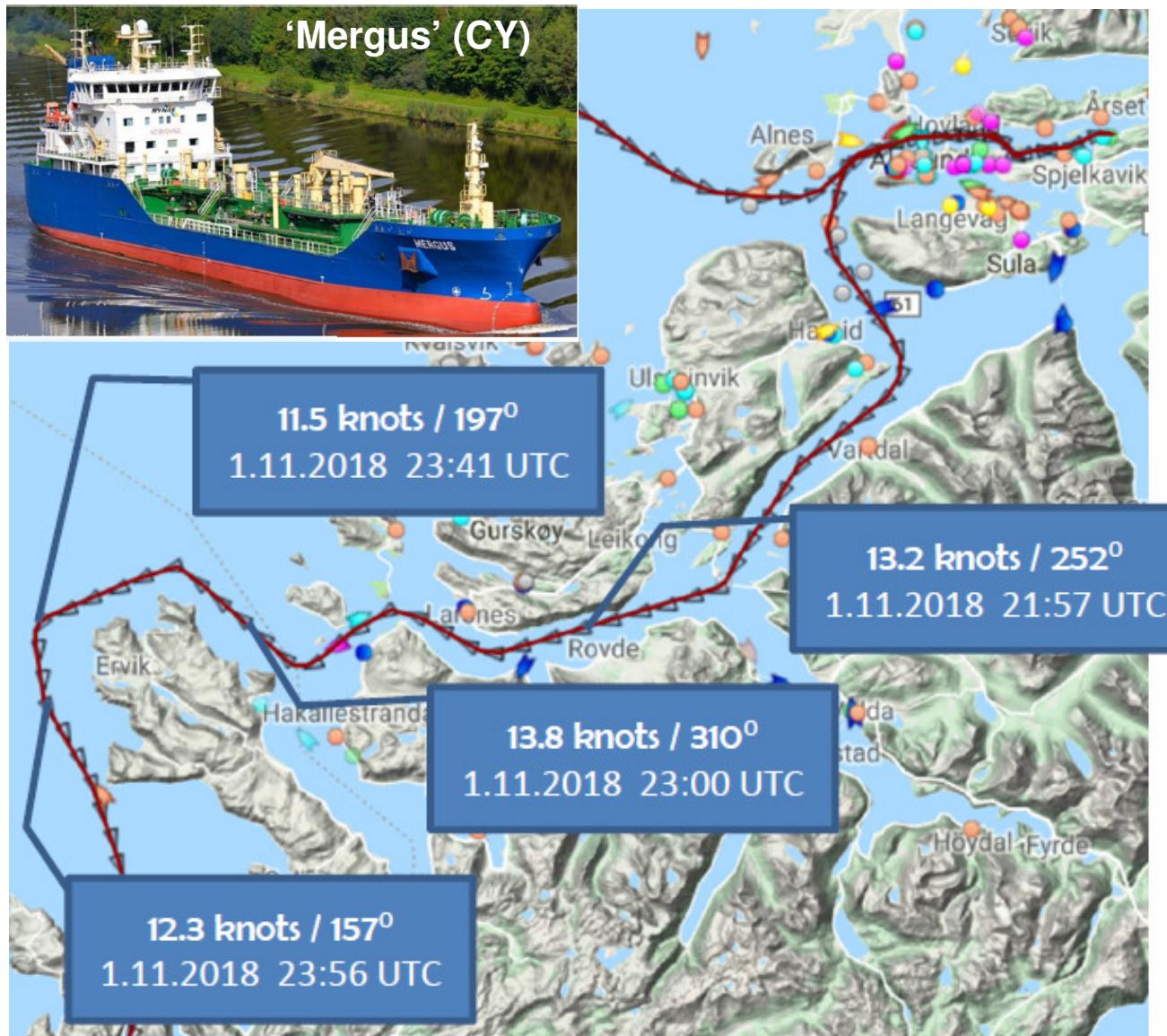




Vedlegg C: 1.november 2018. Hs 1-2.5m. To fartøy.

Bølgjevarsel 1.november kl.23 for Stadthavet og kysten lenger nord



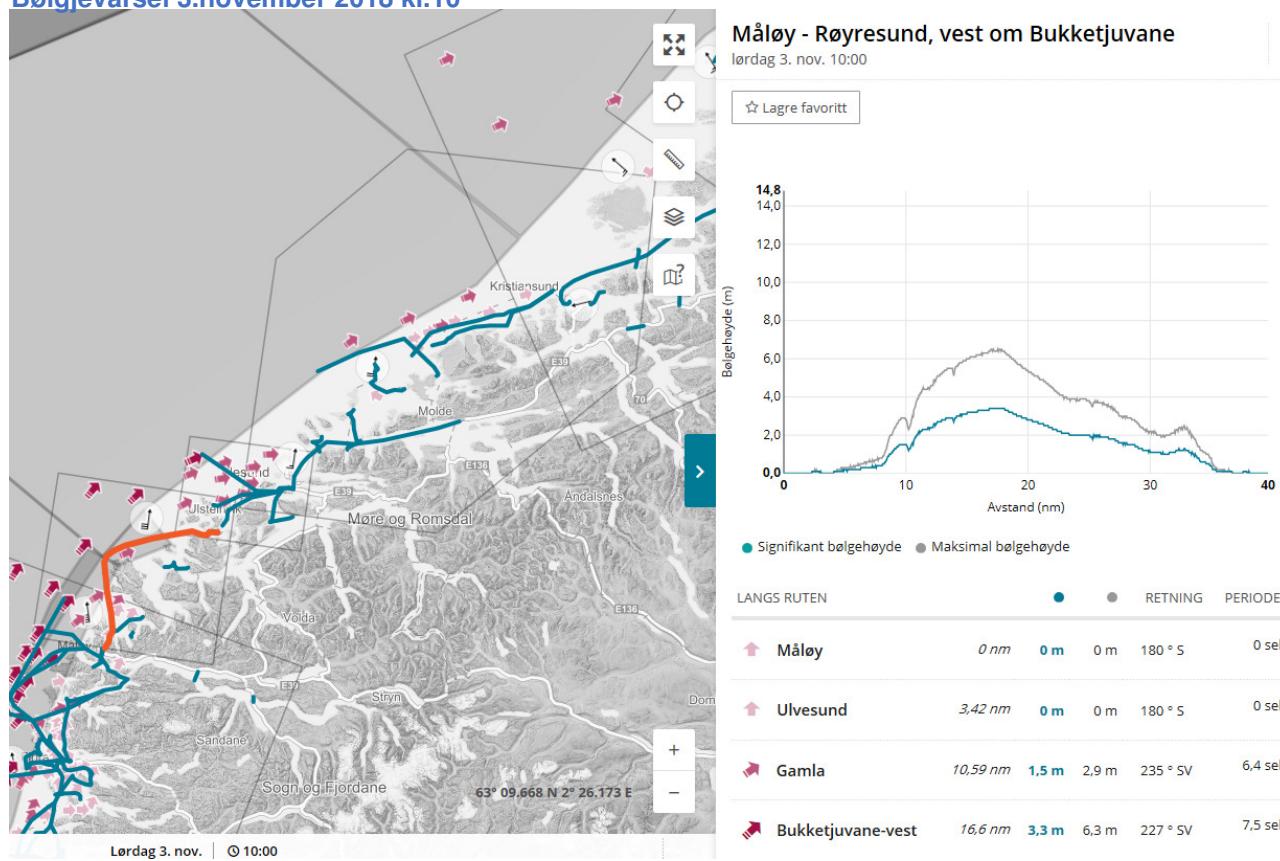




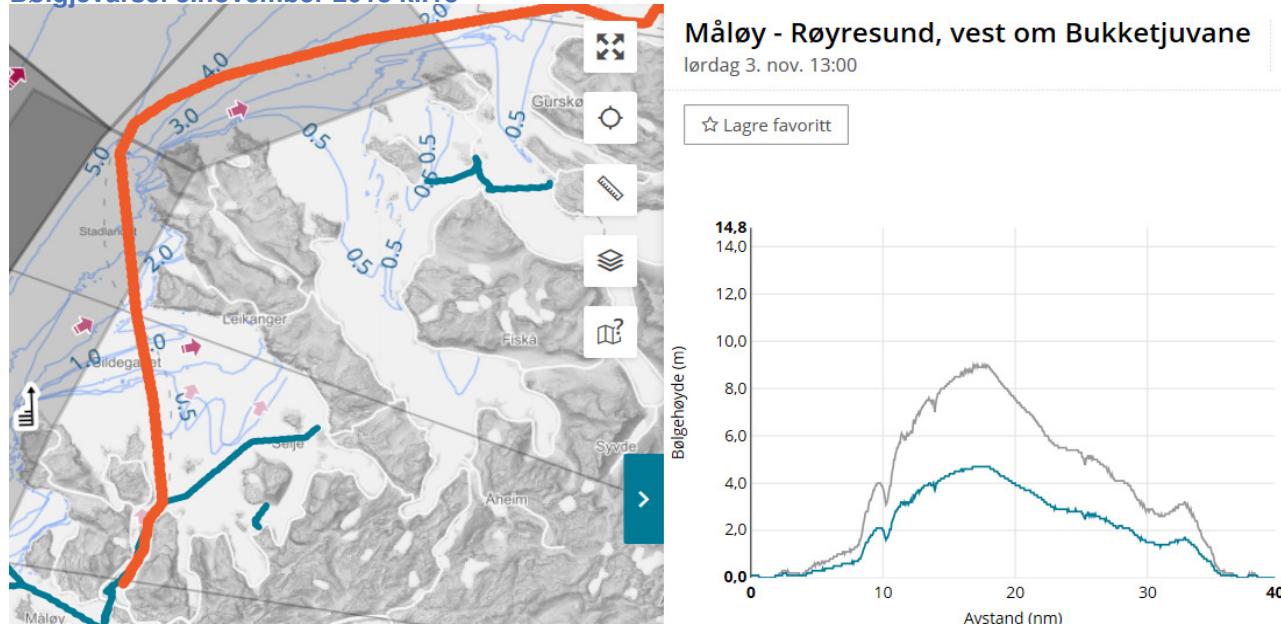
Vedlegg D: 3.november 2018. Hs 3-4m. Fire fartøy på forskjellig rute og kurs.

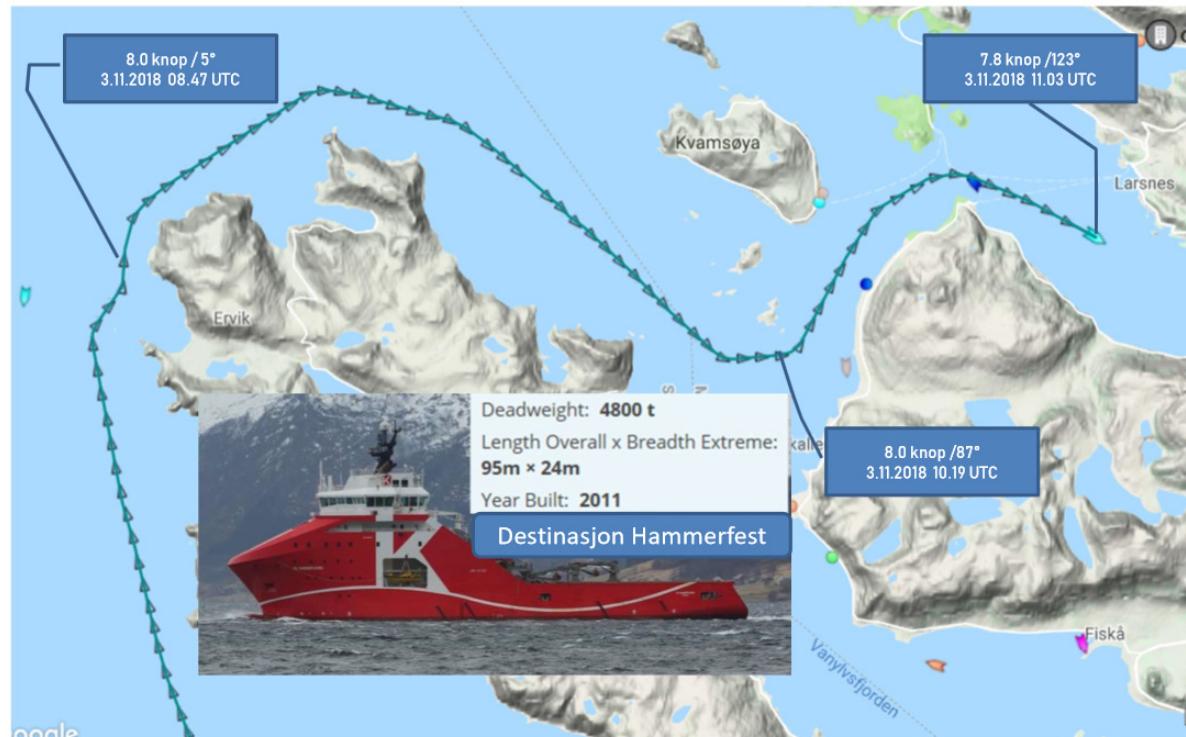
<https://www.barentswatch.no/bolgevarsel/stad/1>

Bølgjevarsel 3.november 2018 kl.10



Bølgjevarsel 3.november 2018 kl.13

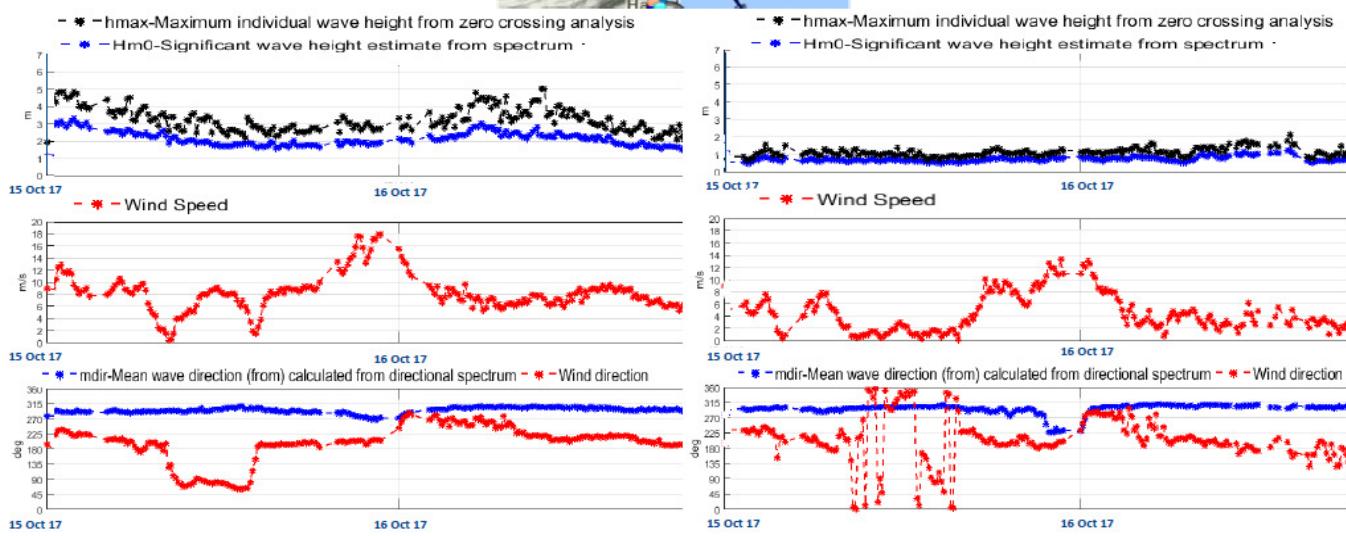






Vedlegg E: 'Trollfjord'. To eksempel på passering av Stad i høg sjø.

15 oktober 2017



18. november 2017



Figure A2 –
Map showing the track of 'Trollfjord'

