



CHALMERS

Konvertering till biogasdrift på vägfärja

Fossilfria vägfärjor - Hönöleden

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

Adam Andersson

Peder Widborg

RAPPORTNR. SI-17/194

Konvertering till biogasdrift på vägfärja
Fossilfria vägfärjor - Hönöleden

ADAM ANDERSSON
PEDER WIDBORG

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2017

Konvertering till biogas på vägfärja

Fossilfria vägfärjor - Hönöleden

Conversion to biogas on road-ferry

Fossil free road-ferries - Hönöleden

ADAM ANDERSSON

PEDER WIDBORG

© ADAM ANDERSSON, 2017.

© PEDER WIDBORG, 2017.

Rapport nr. SI-17/194

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige, år 2017

Sammanfattning

Det finns tydliga incitament att undersöka alternativa bränslen som kan ersätta de fossila bränslen som används i dagsläget. Incitamenten kommer från internationella miljökrav där nationella strategier har tagits fram för att uppnå lägre utsläpp av klimatfarliga gaser och partiklar. Den svenska regeringen har gett i uppdrag till sina myndigheter och verk att minska sin klimatpåverkan. Detta kommer att påverka de statliga vägfärjorna som drivs av Färjerederiet.

Denna studie undersöker förutsättningarna för komprimerad biogas och biometan drift på Hönöleden som i dagsläget är den största leden sett till utsläpp och därmed har störst potential att minska utsläppen. Studien är baserad på en metodkombination med inslag av fallstudie och grundad teori.

Beräkningsmodeller har tagits fram kring Hönöledens drift scenario för biogas och biometan i komprimerad form som ett alternativt bränsle. Förbrukningsvolymen vid olika tryck och temperaturer har tagits fram och även bunkringstider för att avgöra om det går att ta fram en lämplig dimensionerad bunkringsanläggning. Beräkningarna är baserade utifrån en mappning baserad på den drift som finns i dagsläget.

Det studien har konstaterat är att det är möjligt att använda biogas och biometan som ett alternativt bränsle för Hönöledens färjor där biometan rekommenderas då det innehåller mer energi i förhållande till dess volym. Det har också konstaterats att det går att få rimliga bunkringstider om bunkringssystemet har ett högre massflöde än de konventionella system som övriga fordon använder. För att uppnå rekommenderat massflöde och tillförlitlighet krävs det ett parallellkopplat bunkringssystem som både ger ökad redundans samt en säkrare drift.

Nyckelord: Biogas, biometan, vägfärja, Hönöleden, konvertering, gas, tankvolym, tubrack.

Abstract

There are strong incentives to investigate alternative fuels that can replace the fossil fuels that are currently used. The incentives come from international environmental requirements where national strategies have been developed to achieve lower emissions of hazardous gases and particles. The Swedish government has commissioned its authorities and governmental offices to reduce its climate impact. This will affect the road-ferries operated by “Färjerederiet”.

This study examines the conditions for compressed biogas and biomethane operations at Hönöleden. Hönöleden is currently the largest route seen to emissions and thus has the greatest potential to reduce emissions. The study is based on a method combination with elements of case study and grounded theory.

Calculation models have been developed around Hönöleden's current operating scenario for biogas and biomethane in compressed form as an alternative fuel. Consumption volumes at different pressures and temperatures have been established to calculate bunkering times to determine if a suitable dimensioned bunkering plant can be obtained.

The study has found that it is possible to use biogas and biomethane as an alternative fuel for Hönöleden's ferries where it is recommended to use biomethane as it contains more energy in relation to its volume. It has also been found that it is possible to have reasonable bunkering times if the bunkering system has a higher mass flow than the conventional systems used for other vehicles. To achieve recommended mass flow and reliability, a parallel-linked bunkering system would be preferred because it both increases the redundancy and reliable operations.

Keywords: Biogas, bio-methane, road-ferry, Hönöleden, conversion, gas, tank-volume, tube-racks.

Förord

Författarna skulle vilja tacka alla involverade parter som gett vägledning, stöd och riktning under arbetets gång.

Framförallt skulle författarna vilja rikta ett stort tack till Henrik Pahlm för handledning och för att ha visat hänseende över vår iver att få lära oss så mycket som möjligt om biogas.

Maj 2017,

Innehållsförteckning

Sammanfattning	I
Abstract	II
Förord	III
Innehållsförteckning	IV
Figurförteckning	V
Tabellförteckning	V
DEFINITIONER	VI
1 Inledning	1
1.1 Syfte	1
1.2 Frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	1
2 Bakgrund/Teori	2
2.1 Vägfärjor	2
2.2 Hönöleden	2
2.3 Metanbaserade gaser	7
3 Metod	11
3.1 Utgångspunkter.	11
3.2 Genomförande	12
4 Resultat	14
4.1 Bränsleförbrukning vid konvertering	14
4.2 Förvarings scenario & Bunkrings intervall	18
5 Diskussion	20
5.1 Resultatdiskussion	20
5.2 Metoddiskussion	21
6 Slutsatser	22
Referenser	23

Figurförteckning

Figur 1: Illustration av befintligt framdrivningssystem. (Andersson, 2017)

Figur 2: Grafisk representation av studiens metodkombination (Widborg, 2017)

Figur 3. Teoretisk modell 1 arrangemang av tuber. (Andersson, 2017)

Figur 4. Teoretisk modell 2 arrangemang av tuber. (Andersson, 2017)

Tabellförteckning

Tabell 1. Driftstid per färja och vecka. (Widborg, 2017)

Tabell 2. Driftstid fördelad i timma per färja i ett cirkulerande schema. (Widborg, 2017)

Tabell 3. Effekt från HM fördelad på propeller enhet. (Widborg, 2017)

Tabell 4. Energiinnehåll biogas. (Widborg, 2017)

Tabell 5. Kemisk sammansättning av naturgas och biogas.

Tabell 6. Teoretisk biometan förbrukning (m^3) per timme vid 1472kW. (Widborg, 2017)

Tabell 7. Teoretisk biogas förbrukning (m^3) per timme vid 1472kW. (Widborg, 2017)

Tabell 8. Biogas förbrukning vid cirkulär drift. (Widborg, 2017)

Tabell 9. Biometan förbrukning vid cirkulär drift. (Widborg, 2017)

Tabell 10. Massa (kg) gas per flaska vid olika volymer (m^3). (Widborg, 2017)

Tabell 11. Antal behållare som krävs för en månadsförbrukning biogas vid cirkulär drift. (Widborg, 2017)

Tabell 12. Antal behållare som krävs för en månadsförbrukning biometan vid cirkulär drift. (Widborg, 2017)

Tabell 13. Bunkringstider för biogas h/mån & h/vecka. (Widborg, 2017)

Tabell 14. Bunkringstider för biometan h/mån & h/vecka. (Widborg, 2017)

Tabell 15. Generaliserbarhet av faktiska turer i relation till teoretisk modell (Widborg, 2017)

DEFINITIONER

C/H	Kol/Väte
CBG	Komprimerad biogas
CNG	Komprimerad naturgas
HM	Huvudmaskin
IMO	Internationella Sjöfartsorganisationen
LBG	Flytande biogas
LNG	Flytande naturgas
NGV1	Munstycke för tankning av CNG (Bil)
NGV2	Munstycke för tankning av CNG (Buss)
NO _x	Kväve n-Oxider
SO _x	Svavel n-Oxider
CO ₂	Koldioxid
PE	Propeller enhet
PM	Partiklar
<i>R</i>	<i>Individuella gaskonstanten [Nm/kg*K]</i>
<i>T</i>	<i>Temperatur [K]</i>
<i>V</i>	<i>Volym [m³]</i>
<i>m</i>	<i>Massa [kg]</i>
<i>M</i>	<i>Molmassa [g/mol]</i>
<i>p</i>	<i>Tryck [Pa]</i>

1 Inledning

Sverige har utifrån internationella sjöfartsorganisationen IMO, fått direktiv om att minska utsläppen av CO₂, SO_x och NO_x från sjöfarten. Där MARPOL annex VI etappvis reglerar utsläppen av luftföroreningar från sjöfarten, annexet trädde i kraft 19 maj 2005.

Svenska regeringen har en långsiktig vision att Sverige skall ge upphov till noll nettoutsläpp av klimatgaser år 2050. Trafikverket bedriver färjeverksamhet via dess affärsenhet Färjerederiet som därmed ska följa dessa riktlinjer. Det finns idag preliminära delmål för att minska miljöpåverkan från svenska vägfärjor med 15 procent och den totala energianvändningen med 10 procent till 2020 jämfört med 2015. (SSPA, 2015)

Färjerederiet är ansvariga för operation och underhåll av vägfärjorna i Sverige där dess verksamhet står för ca 35 000 ton koldioxidutsläpp för drift och uppvärmning av färjorna. (SSPA, 2015) De nya målen att minska energianvändning och miljöbelastning kommer att påverka kustnära och vägnära färjor där en stor del utav fartygsflottan behöver uppgraderas för att möta de nya miljömålen. Färjerederiets tyngst trafikerade färjeled är Hönöleden där det finns stor potential för att minska utsläpp av miljöfarliga gaser och partiklar.

I regeringens beslut instruerar de myndigheter och verk att övergå till fossilfria alternativ i den utsträckning det går. Det alternativa bränslen denna rapport kommer behandla de fossilfria bränslena biogas och biometan.

1.1 Syfte

Syftet är att genom en metodkombination undersöka möjligheterna för en framtida fossilfri färjedrift i Sverige genom en kombination av fallstudie och grundad teori utifrån Hönöledens färjetrafik. Studien fokuserar på drift med komprimerad biogas och biometan som alternativa bränslen istället för dieselolja som är det aktuella bränslet idag.

1.2 Frågeställning

Vilka utgångspunkter finns det för att använda biogas och biometan som bränsle på Hönöleden?

- Vilka volymer krävs det av respektive bränsle för en månads drift?
- Utifrån de bränslevolymer som krävs, vad skulle det ge för bunkringstider?
- Hur skulle ett tänkbart bunkringssystem kunna se ut?

1.3 Avgränsningar

Studien begränsas till svenska färjerederiets led Hönöleden där dagens driftsituation används som randvillkor. Studien kommer enbart fokusera på komprimerad biogas och biometan för att undvika komplexare system ombord. Studien undersöker inte hur det går att konvertera framdrivningssystemet då det finns flera tekniska lösningar beroende på om konvertering eller nybyggnation är att föredra. Ekonomiska aspekter är inget som kommer tas upp.

2 Bakgrund/Teori

I detta avsnitt kommer Hönöledens bakgrund beskrivas, samt hur tekniska lösningar ombord på färjorna ser ut i dagsläget. Även en introduktion till biogas som bränsle kommer att ges till läsaren.

2.1 Vägfärjor

Vägfärja är en färja som förbinder två vägar som skiljs av älv, sjö eller hav. Det är vanligt att vägfärjor transporterar trafik till och från öar men även över fjordar som sträcker sig djupt in i landet. Vägfärjor är ett alternativ då en bro ej är lämplig. (Trafikverket, 2015)

Svenska Trafikverket har sjuttio vägfärjor inom färjerederiet i dagsläget. Det finns två typer av färjor; linfärjor och frigående färjor. Linfärjor trafikerar kortare sträckor, där färjan drivs och styrs av linor alternativt vajrar. (Trafikverket, 2016). *“Frigående färjor har ett konventionellt framdrivningssystem med propellrar i för och akter.”* (Trafikverket, 2015)

2.2 Hönöleden

Hönö är en ö i Göteborgs skärgård där förbindelsen mellan ön och fastlandet idag är en färjeled som transporterar både passagerare och fordon. Hönö är även sammankopplad med ön Öckerö via en bro och tillhör Öckerö kommun. Boende på Öckerö är beroende utav Hönös färjeled. Befolkningen i Öckerö kommun är 12 773 invånare där största befolkningmängden bor på Hönö och Öckerö. (NE, 2017)

Färjeleden sträcker sig från fastlandet vid Lilla Varholmens färjeläge till färjeläget på Hönö. Färjeledens längd är 2 500 meter och överfartstiden ligger på cirka 12 minuter. Leden trafikeras idag av fyra frigående vägfärjor:

Ada MS-ISDN 4 70-3316

Beda MS-ISDN 4 70-3320

Göta MS-ISDN 4 70-3322

Marie MS-ISDN 4 70-3327

Dagens drift

I dagsläget finns det fyra frigående färjor som trafikerar Hönöleden. Av dessa färjor är tre i drift dagligen där den fjärde ligger till kaj som reservkapacitet ifall ett haveri skulle inträffa. Driften cirkuleras mellan de fyra färjorna där de är i drift i intervaller 24h, 16h, 8h per färja samt en som är vid kaj för löpande underhåll. Bakgrunden till detta system är okänt men trafiken är inte linjärt belastad utan ökar kraftigt under den dagliga rusningstrafiken och under sommarhalvåret där turtätheten ökar (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)

År 2015 var det totala antalet tur och returer på Hönöleden 26921 stycken. Hönöleden är Trafikverkets högst trafikerade led som står för 20 % av all transport av passagerare och fordon. Leden står för 17 % av koldioxidutsläppen, vilket är det högsta av Trafikverkets alla leder. (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)

Mappning av tidtabell för Hönöleden

Mappning är gjord utifrån ordinarie tidtabell där drifttiden beräknats utifrån en överfartstid på 12 minuter. Det har konstaterats att 24h-färjan har en ungefärlig drift på 17,2 timmar, 16h-färjan har en ungefärlig drift på 12 timmar, samt att 8h färjan har en ungefärlig drift på 4,8 timmar (Färjerederiet, 2014). Värdena i tabell 1 är en sammanfattning från scenariot som målas upp i tabell 2 med en perfekt cirkulerande drift. Mappningen är gjord då riktiga driftsdata saknats.

Tabell 1. Drifttid per färja och vecka. (Widborg, 2017)

Drifttid timmar per färja och vecka				
Vecka	Färja 1 (h)	Färja 2 (h)	Färja 3 (h)	Färja 4 (h)
1	67,6	69,2	45,6	34
2	52,8	38,8	50,4	74,4
3	55,2	57,2	58	46
4	40,8	51,2	62,4	62
Summa	216,4	216,4	216,4	216,4

Tabell 2 visar driftstid för Hönöledens färjor fördelat på en månad där driftstiderna för de fyra färjorna kan ses mer i detalj både dagligen och veckovis utifrån ett perfekt cirkulerande schema. Mer detaljerad information kring mappningen finns i bilaga 1.

Tabell 2. Driftstid fördelad i timmar per färja i ett cirkulerande schema. (Widborg, 2017)

Driftstid fördelad i timmar per färja					
Vecka	Veckodag	Färja 1 (h)	Färja 2 (h)	Färja 3 (h)	Färja 4 (h)
Vecka 1	Mån	17,2	12	4,8	0
	Tis	12	4,8	0	17,2
	Ons	4,8	0	17,2	12
	Tor	0	17,2	12	4,8
	Fre	17,2	12	4,8	0
	Lör	16,4	6,8	0	0
	Sön	0	16,4	6,8	0
	Summa:	67,6	69,2	45,6	34
Vecka 2	Mån	12	4,8	0	17,2
	Tis	4,8	0	17,2	12
	Ons	0	17,2	12	4,8
	Tor	17,2	12	4,8	0
	Fre	12	4,8	0	17,2
	Lör	0	0	16,4	6,8
	Sön	6,8	0	0	16,4
	Summa:	52,8	38,8	50,4	74,4
Vecka 3	Mån	4,8	0	17,2	12
	Tis	0	17,2	12	4,8
	Ons	17,2	12	4,8	0
	Tor	12	4,8	0	17,2
	Fre	4,8	0	17,2	12
	Lör	16,4	6,8	0	0
	Sön	0	16,4	6,8	0
	Summa:	55,2	57,2	58	46
Vecka 4	Mån	0	17,2	12	4,8
	Tis	17,2	12	4,8	0
	Ons	12	4,8	0	17,2
	Tor	4,8	0	17,2	12
	Fre	0	17,2	12	4,8
	Lör	0	0	16,4	6,8
	Sön	6,8	0	0	16,4
	Summa:	40,8	51,2	62,4	62
Veckodagar	Summa:	170	170	170	170
Helgdagar	Summa:	46,4	46,4	46,4	46,4
Månad (28dagar)	Totalt:	216,4	216,4	216,4	216,4

Konstruktion

Alla fyra färjor har en längd på 86 meter med en bredd på 14 meter. Djupgåendet från vattenlinjen ligger på 1,55 meter, där displacementet under vattenlinjen ligger på 856 ton. (Trafikverket, 2017)

Färjans skrovtyp påminner om en pråm, med en hög blockkoefficient som resulterar i att fartyget inte är strömlinjeformat utan fokus ligger på att transportera stor volym där ett högre motstånd mot vattenytan blir dess konsekvens. (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)

Bordning för fordon och fotgängare på färjan kan ske i både för och akter med identiska ramper. Färjan har möjligheten att köras åt båda hållen för att undvika att behöva vända ett halvt varv vid varje tur. (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)

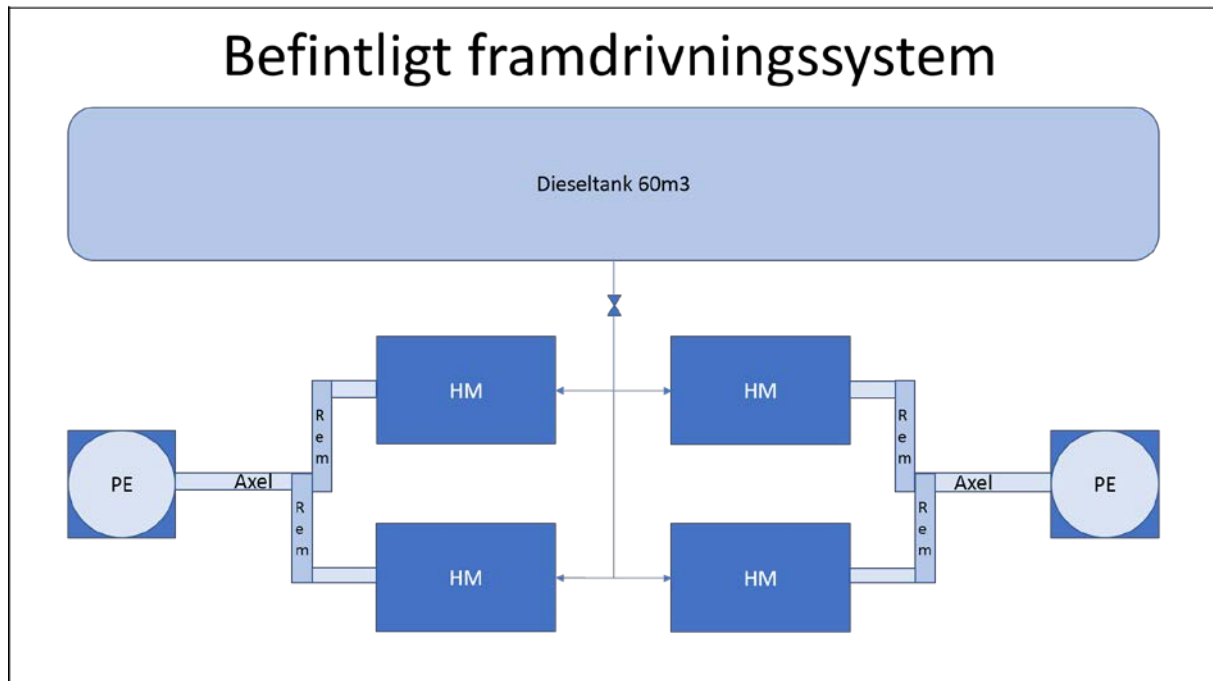
Överbyggnaden på färjan är av enklare slag, en brygga samt ett utrymme för passagerare finns tillgängligt och ett oanvänt utrymme som tidigare var ett utrymme för passagerare. (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)

Varje färja är utrustad med fyra dieseldrivna huvudmaskiner: Scania DI 16 42 M med en effekt på 368 kW vid 1800 varv. Både för och akter är identiskt utrustade med ett par huvudmaskiner (HM). HM är kopplade parvis via remmar som går till en gemensam axel som driver en propeller enhet (PE). Se schematisk bild i figur 1. Varje färja har även en liten nödgenerator som går på diesel. (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)

Tabell 3. Effekt från HM fördelad på propeller enhet. (Widborg, 2017)

Nyckeltal Hönöledensfärjor						
HM (st) (Scania DI 16 42 M)	Motoreffekt (kW) vid 1800 varv/min	Antal PE	Verknings grad PE (n)	Effekt/PE (kW)	Total Effekt Färja (kW)	Verknings grad HM (n)
4	368	2	okänd	736	1472	okänd

Som vi kan se i Figur 1 är att framdrivningen av färjan sker med hjälp av två PE, en i för och en i akter som kan rotera 360 grader. Färjan styrs med de roterbara PE som ger en bra manöverförmåga och därför behövs inga roder. (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)



Figur 1: Illustration av befintligt framdrivningssystem. (Andersson, 2017)

I dagsläget drivs HM på diesel och de två diesel tankarna ombord rymmer tillsammans cirka 60 kubikmeter. Den normala dieselförbrukningen ligger på ungefär 30 kubikmeter per månad. HM försörjs med diesel både med hjälp av det statiska trycket i tanken tillsammans med pumparna på HM via ett bränslefilter. (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)

För att utföra underhåll så effektivt som möjligt finns det lastluckor ovanför alla HM & PE. Lastluckorna gör det möjligt att lyfta ut vald HM eller PE och ersätta med en nyservad enhet. Detta underlättar underhåll och gör det mer tidseffektivt. (Distriktstekniker Hönöleden, 2017)

Bunkrings koncept

Studien undersöker förutsättningarna för komprimerad biogas-drift alternativt biometan-drift. Detta görs för att minimera den teknik som behövs ombord eftersom utrymmet är begränsat. Gasen är tänkt att förvaras i flytande form vid Hönös färjeläge, i en större bunkrings tank där gasen är nedkyld för att hålla den flytande. Flytande gas tar mindre plats jämfört med om den skulle förvaras i gasform. (Daun, 2017)

Utöver det som nämnts ovan behövs en förgasningsenhet för att omvandla metan bränslet från flytande tillstånd till gasform samt en kompressor som höjer trycket på gasen som därefter kan bunkras ombord på färjorna. Detta liknar system som i dagsläget används för att tanka gasfordon exempelvis bilar och bussar. (Daun, 2017)

2.3 Metanbaserade gaser

Metanbaserade gaser är ett samlingsnamn för både naturgas och biogas bränslen. Den faktiska skillnaden mellan de två är ursprung och framställning. Biogas produceras av organiskt nedbrytningbart material, såsom exempelvis gödsel, avloppsvatten, slam och växter. Naturgas är ett fossilt bränsle som består av organiska kol- och väteföreningar i sediment eller sedimenterad berggrund. (NE, 2017)

Biogas består till största del av metan och mindre mängder koldioxid, svavelväten och vatten innan gasen är uppgraderad. För att biogasen skall fungera som ett bränsle för en förbränningsmotor krävs det att bränslet uppgraderas. Det innebär att gasen renas från de tidigare nämnda beståndsdelarna, förutom metan. Beroende på metan-innehållet i biogasen, kan det behövas tillsätta ren metan för att få ett metan innehåll på över 97 %. (Coelho, B. F. 2015)

Propan tillsätts i biometan främst fordonsgas för att öka energiinnehållet så att det blir detsamma som naturgas. (Swedegas, u.å.)

Fördelar med Biogas

Metan har ett lågt C/H-förhållande (kol per väte) som resulterar i låga utsläpp CO₂ per enhet energi. Biogas bidrar till approximativt 20–25% mindre växthusgaser jämfört med diesel eller bensin i hänsyn till hela livscykeln (Coelho, B. F. 2015) och 40 % mindre jämfört med kol (Linus Klackenberg, 2014). Om biogas används som bränsle istället för olja vid drift av kraftverk för framställning av el och värme så bildas cirka 75–90% mindre växthusgaser om man tar hänsyn till hela livscykeln. (Coelho, B. F. 2015). Framförallt så blir halten av svavel, kväveoxider, tungmetaller och partiklar lägre vid förbränning av naturgas och biogas i jämförelse med olja eller kol. Detta bidrar till att närmiljön inte förorenas i samma utsträckning. Fördelarna med biobränslen jämfört med fossila bränslen är flera. Framförallt går det betydligt snabbare att framställa biogas, då det tar femtio till femhundra miljoner år för ett fossilt bränsle att bildas. (NE, 2017)

En fördel som setts av besättningar ombord på metangas-drivna fartyg är att det gett positiva inslag för arbetsmiljön ombord och då främst i maskinrummet. Detta då metangas är ett renare bränsle än de konventionella bränslen som används idag. (Pahlm, 2017)

Svenska Gasnätet

Det svenska stamnätet för naturgas är en del av det europeiska gasnätet. Kopplingen mellan Dragör (Danmark) och Malmö binder ihop Europa och Sverige. Nätet går vidare längs västkusten till Stenungsund. Den totala längden inklusive förgreningar är cirka 600 kilometer inom Sveriges gränser. Gasnätet regleras från olika mätstationer som ser till att gasen levereras till kund med rätt tryck och korrekt volym. (Swedegas, u.å.)

Nätet är konstruerat med stålrör som har ett polyeten-skydd som förhindrar korrosion, samt ett aktivt korrosionsskydd för att öka systemets livslängd. Nätet är konstruerat för max 80 Bars tryck och rörens diameter varierar från 600–400 millimeter. (Swedegas, u.å.)

Användningsområden

Biogas används i dagsläget som bränsle för drift av personbilar, bussar och lastbilar. Det är inte helt ovanligt att kraftvärmeverk och pannor använder metangas som bränsle. Med andra ord så är biogas och naturgas ett utbredd bränsle på landsidan. Både i Sverige men även runt om i världen exempelvis Schweiz, Tyskland, Frankrike, Brasilien, USA och Storbritannien. (Coelho, B. F. 2015)

Princip för köp av metangas

Som tidigare nämnts är biogas och naturgas likvärdiga gaser där endast framställningen skiljer dem åt. Alltså är det möjligt för biogasproducenter att distribuera ut tillverkad biogas på det svenska gasnätet förutsatt att gasen har tillräckligt högt energiinnehåll. (Energigas, u.å.)

Köparen kan antingen betala för ren biogas, en blandning mellan biogas och naturgas eller ren naturgas. Detta kan liknas med att köpa grön el, där köparen inte kan räkna med att det är just grön el som kommer fram till dennes el uttag. Det tillverkaren kollar på är den totala mängd energi som är förbrukad under ett år som är grönt tillverkad.

Vanliga handelsnamn för metangas är "Grön 100" där kunden får ren biogas. Fordonsgas är en blandning med 50 % biogas och 50 % naturgas. Alternativt köper kunden ren naturgas som består av 100 % fossil gas.

Förvaring och överföring av metanbaserade gaser

Ett normalt förvaringstryck för metanbaserade gaser är i intervallet 250–350 bar. Begränsningen ligger vid förvaringskärls maxtryck som inte får överstigas. Det är enligt källan både teoretiskt och fysikaliskt möjligt att förvara gasen under ett högre tryck men att det inte är ekonomiskt hållbart. Detta eftersom det krävs förvaringskärl som tål de högre trycken vilka är betydligt mycket dyrare. Att komprimera gasen till högre tryck kräver också mycket mer energi där kostnaden blir hög i jämförelse med mängden extra bränsle som kan förvaras. (Produktionstekniker Fordonsgas, 2017)

Normal överföringshastighet av metangas bränslen för en personbil ligger på cirka 5 kg per minut, variationer förekommer beroende på tankstationens aktuella tryck. Trycket från tankstationen varierar beroende på om exempelvis att flera bilar tankat nyligen. Bussar tankar oftast över natten med en långsammare hastighet, detta sker via en tanknings ramp där en kompressor fyller bussen direkt. Faktorer som påverkar tankningen är komponenter som ventiler, munstycke och även nippeln på fordonet, då dessa begränsar flödet. (Produktionstekniker Fordonsgas, 2017)

För att öka gasens överföringshastighet kan vissa av komponenterna behövas dimensioneras upp. Personbilar utgår ifrån standarden NGV1 (snabbkoppling för komprimerad gas för bilar). Bussar som har kravet att kunna snabbfyllas har standarden NGV2 (snabbkoppling för komprimerad gas för bussar). NGV2 är en storlek större samt dyrare. (Produktionstekniker Fordonsgas, 2017)

Risken med att ha en hög hastighet på tankningen är att gasen som fylls upp i bilens tank värms upp snabbare av friktionen mellan gasmolekylerna i enlighet med allmänna gaslagen. Vid ett högre massflöde ökar temperaturen vilket resulterar i att gasen tar mer plats i tanken. När fordonet därefter kör iväg sjunker gasens temperatur och då minskar volymen i tanken, alltså är bilens tank ej full. (Produktionstekniker Fordonsgas, 2017)

Energiinnehåll biogas

Enligt Swedegas innehåller en normalkubikmeter (Nm³) uppgraderad biogas (metan-innehåll på 97 %) 9,67 kWh per Nm³. En normalkubikmeter är vid atmosfäriskt tryck på 1,01325 bar och temperaturen 0°C. (Swedegas. 2017) Fordonsgas (biometan) har ett energiinnehåll på 11, kWh per Nm³. Värdet för biometan är det mer korrekta värdet på den faktiska gasen som levereras ut på gasnätet enligt Energigas. (Linus Klackenber, 2014) Dessa värden finns sammanställt nedan i tabell 4.

Tabell 4. Energiinnehåll biogas. (Widborg, 2017)

Gas	Energi innehåll (kWh)	Tryck (bar)	Temperatur (K)
Biogas (ej uppgraderad)	ca 5 - 8	1,01	273
Biogas uppgraderad	9,67	1,01	273
BioMetan (propaninblandad)	11	1,01	273

Kemisk Sammansättning

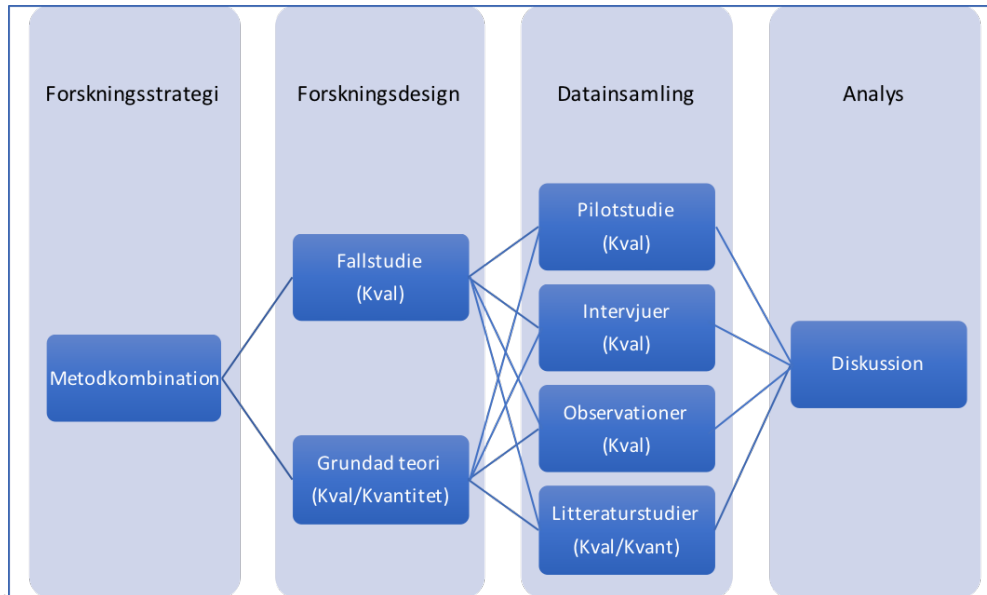
I tabell 5 så beskrivs vad innehållet för naturgas, biogas före och efter uppgradering samt för biometan. Enligt tabell 5 så kan det avläsas att naturgas, biogas och biometan till största del består av metan.

Tabell 5. Kemisk sammansättning av naturgas och biogas. (Widborg, 2017)

Ämne	Sammansättning av naturgas (%)	Sammansättning av biogas före uppgradering (%)	Sammansättning av biogas efter uppgradering (%)	Sammansättning biometan uppgradering (%)
Metan (CH ₄)	94,0	50-75	97	97
Koldioxid (CO ₂)	0	25-45	Okänt	Okänt
Vatten (H ₂ O)	0	ca 2-7	Okänt	Okänt
Kväve (N ₂)	0,3	< 2	Okänt	Okänt
Syre (O ₂)	0	< 2	Okänt	Okänt
Svavelväte (H ₂ S)	0	<1	Okänt	Okänt
Väte (H ₂)	0	<1	Okänt	Okänt
Etan (C ₂ H ₆)	4,7	0	Okänt	Okänt
Propan (C ₃ H ₈)	0,8	0	Okänt	Ca 3%
Butan (C ₄ H ₁₀)	0,2	0	Okänt	Okänt
Hänvisning	(Kuiken, 2016)	(Fábio Coelho Barbosa, 2015)	(Swedegas, u.å)	(Energigas, u.å)

3 Metod

I nedanstående kapitel beskrivs de metoder som studien använt för genomförandet. Metoden kommer att diskuteras i metoddiskussionen kap 5.1.



Figur 2. Grafisk representation av studiens metodkombination (Widborg, 2017)

3.1 Utgångspunkter.

I samarbete med ett stort svenskt utvecklingsföretag som arbetar bland annat med maritima konsultuppdrag fick studien i uppdrag att utreda möjligheterna för biogasdrift på Hönöledens vägfärjor. Uppdelningen för studien var: att det svenska företaget undersöker infrastrukturella lösningarna iland och studien undersöker de förutsättningarna som finns ombord för gasdrift.

Forskningsstrategi

Utifrån studiens uppdrag har metodkombination valts som metod med inslag från både fallstudie och grundad teori som representeras i figur 2. Metodkombination möjliggör användandet av flera vetenskapliga tillvägagångssätt för att täcka definierade svagheter inom både fallstudie och grundad teori. Fallstudier och grundad teori är väldigt lika varandra då de båda är kvalitativa tillvägagångssätt där den enda faktiska skillnaden är urvalsprocessen.

Inom fallstudien ska urvalet tydligt definieras innan projektet startas upp med tillvägagångssättet representativa urval. De främsta riskerna som nämnts inom metoden fallstudier är tillgång till dokumentation och information (Denscombe, 2014).

“Syftet är att beskriva det generella genom att titta på det specifika” (Denscombe, 2014)

Grundad teori tillåter användandet av explorativa urval som under projektets gång definieras för att föra forskningen framåt. Då nya fakta och information tillkommer hela tiden vilket både kan verka positivt och negativt om begränsningarna är otydliga. Detta är också en möjlighet för att kringgå de hinder som kan uppstå om fallstudien inte har tillgång till grunddata och access. Då kan grundad teori ersätta grunddata och access med teoretiska modeller som bygger på verklighetsbaserade värden som kan ligga till grund för att möjliggöra en analys. (Denscombe, 2014)

Fördelen med två kvalitativa parallella metoder är att projektet har fasta punkter i fallstudien att vända informationen tillbaka mot. Med möjlighet att utforska olika aspekter av information och finna vad som är det egentligen problemet. Fördelarna för studien innebär att den vetenskapliga signifikansen ökar och möjligheten för ett bredare resultat ökar. (Denscombe, 2014)

3.2 Genomförande

Datainsamling

Under studien har det genomförts två observationer i form av studiebesök med en semi-strukturerad observationsform. Den strukturerade delen av observationerna är utformad inom ramarna för fallstudier och de ostrukturerade delarna utifrån förutsättningarna för grundad teori där öppenhet mot nya intryck är en av de grundläggande idéerna. (Denscombe, 2014)

Innan det första studiebesöket på Hönöleden skapades en generell bild av vilka förutsättningar på plats som behövdes utredas inom ramen för syftet, där frågeställningarna hölls öppna för att undvika att färgas i förväg av egna antaganden. Detta faller inom ramen för både en grundad teori och fallstudie. De förutsättningar som var av intresse var den generella uppbyggnaden av framdrivningssystemet samt utrymmen för bränsleförvaring ombord.

Det andra studiebesökets mål var att få en bredare bild för hur biogas framställs och vilka framtida förutsättningar som finns för bränslet i sig. Besöket var på Gobigas där samma observationsform användes som i första studiebesöket.

Besöket bestod av en presentation om anläggningen och framförallt framställningsprocessen. Detta resulterade i en bredare bild om biogas. Framförallt att oljan är för billig för att det skall vara ekonomiskt hållbart att producera större kvantiteter av biogas i dagsläget med den teknik som finns.

Ytterligare två studiebesök var planerade. Dessa blev ej utförda på grund av bristande resurser, både ekonomisk och tidsmässigt. De besök som var planerade var på Fordonsgas för att ge en förståelse för hur dagens gasteknik fungerar på fordon som bilar, bussar och lastbilar. Samt att besöka M/S Glutra en norsk vägfärja som drivs av flytande metangas.

För att få en ännu djupare blick in i ämnet har litteraturstudier utförts parallellt med observationerna och intervjuerna. Beräkningar som gjorts har framställts utifrån data som sammanställts från både observationer, intervjuer och litteraturstudier för att validera och bredda kunskaperna inom ämnet.

Intervjuer

Under arbetsgång så har det förts ostrukturerade intervjuer med personer som är inblandade i projektet på Färjerederiet, Gobigas och SSPA. Urvalet har skett i samråd med handledaren och har förts löpande under både studiebesöken och via mejl.

Beräkningar

Beräkningarna är utförda utifrån energiinnehåll för både biogas och biometan där de omvandlats från Nm^3 med hjälp utav de ideala gas lagarna. Då aktuell driftdata saknats har alla beräkningar gjorts utifrån förutsättningen att färjorna körts med maximalt effektuttag utan hänseende för acceleration och retardation. Alla beräkningar för förbrukning är utförda utan förluster för koppling på propellerenhet eller huvudmaskin. Alltså är beräkningarna utförda med verkningsgrader på 100 % vilket inte speglar verkligheten. Beräkningarna utgår ifrån ideala gaser och då metan är den största beståndsdel så har samma gaskonstant använts för beräkningar både för biogas och biometan. Biometan innehåller en liten mängd propan. Detta har ej tagits med i beräkningarna då mängden propan är försumbar och procentsatsen kan variera.

4 Resultat

Nedan utförs beräkningar för att förklara den volym bränsle som i teorin förbrukas ombord på en färja på Hönöleden, förutsatt att de HM som finns i dagsläget ersätts mot liknande gasmotorer som kräver samma effekt vid likadan drift.

4.1 Bränsleförbrukning vid konvertering

Volymförbrukning gas

Den effekt som förbrukas per timme dividerat med energiinnehållet ger den faktiska volym biogas som krävs för att driva färjan framåt under en timme.

Biometan:

$$\frac{1472 \text{ [kW]}}{11 \text{ [kW/m}^3\text{]}} = 133,8 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Biogas:

$$\frac{1472 \text{ [kW]}}{9,67 \text{ [kW/m}^3\text{]}} = 151 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Vid en timmes drift kommer färjan antingen förbruka 133,8 m³/h biometan alternativt 151 m³/h biogas vid atmosfärstryck och 0°C.

Volym- och massförbrukning

Med den allmänna gaslagen kan vikten av gasen beräknas. Vikten är i sin tur användbar för att beräkna gasens volym vid olika tryck och temperaturer som är av intresse i detta fall. (Elovsson, 1992)

Individuella gaskonstanten:

$$R = \frac{8314}{M}$$

Molmassa metan:

$$M_{\text{metan}} = 16,04 \text{ [g/Mol]}$$

Gaskonstant Metan:

$$R = \frac{8314}{16,04} = 518,33 \text{ [Nm/kg * K]}$$

$$\begin{array}{ll}
p_1 = 101\,325 & [\text{Pa}] \\
V_1 = 151 & [\text{m}^3] \\
m_1 = \text{okänd} & [\text{kg}] \\
R = 518,33 & [\text{Nm/kg}\cdot\text{K}] \\
T_1 = 273 & [\text{K}]
\end{array}$$

Allmänna gaslagen:

$$p \times V = m \times R \times T$$

$$m_1 = \frac{p_1 \times V_1}{R \times T_1} = \frac{101325 \times 151}{518,33 \times 273} = 108,12 \text{ [kg]}$$

$$\begin{array}{ll}
p_2 = 2000\,0000 & [\text{Pa}] \\
V_2 = \text{okänd} & [\text{m}^3] \\
m_2 = m_1 = 108,12 & [\text{kg}] \\
R = 518,33 & [\text{Nm/kg}\cdot\text{K}] \\
T_2 = 293 & [\text{K}]
\end{array}$$

Allmänna gaslagen:

$$V_2 = \frac{m_2 \times R \times T}{p_2} = \frac{108,12 \times 518,33 \times 293}{2000\,0000} = 0,821 \text{ [m}^3\text{]}$$

V2 är den volym biogas som krävs för att driva färjan i en timme, förutsatt att gasen är 20 °C och trycket på gasen är 200 bar.

För att enkelt demonstrera ett exempel på en färjas dygnsförbrukning (förutsatt full fart framåt) får volymen V2 multipliceras med 24 timmar, se nedan.

$$\text{Bränsleförbrukning/dygn} = 0,821[\text{m}^3] \times 24 \text{ [h]} = 19,7 \text{ [m}^3\text{]}$$

För att framdriva en färja i ett dygn krävs alltså en minsta mängd biogas ombord på 19,7 m³, vid 20°C och ett tryck på 200 bar vid förvaring.

Utifrån samma beräkningsgång har tabell 6 och 7 framställts. I dessa tabeller beskrivs förbrukning av biogas samt metangas med enhet "kubikmeter per timme" på en färja, då bränslet har olika tryck och temperatur. Vad som generellt ses är att med lägre temperatur och högre tryck ger en bättre volym förbrukning av gas. Mer detaljerad information kan hittas i bilaga 2 för förbrukning vid olika tryck och temperaturer.

Tabell 6. Teoretisk biogas förbrukning (m³) per timme vid 1472 kW. (Widborg, 2017)

Teoretisk biometan förbrukning per timme vid 1472kW					
Pa C	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-10	128,9	13,1	1,3	0,7	0,4
0	133,8	13,6	1,4	0,7	0,5
10	138,7	14,1	1,4	0,7	0,5
20	143,6	14,6	1,5	0,7	0,5
30	148,5	15,0	1,5	0,8	0,5

Tabell 7. Teoretisk biometan förbrukning (m³) per timme vid 1472 kW. (Widborg, 2017)

Teoretisk biogas förbrukning per timme vid 1472kW					
Pa C	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-10	146,7	14,9	1,5	0,7	0,5
0	152,2	15,4	1,5	0,8	0,5
10	157,8	16,0	1,6	0,8	0,5
20	163,4	16,6	1,7	0,8	0,6
30	168,9	17,1	1,7	0,9	0,6

Tabell 8 visar biogas förbrukning i antal ton utslaget på 28 dagar eller 4 veckor vid perfekt cirkulerande drift. Den totala förbrukningen på 23,5 ton motsvarar 216,4 timmars drift. I Tabell 9 representeras samma resultat fast för biometan. Det vi ser är att motsvarande siffra för biometan är 20,7 ton vilket är mindre än den för biogas.

Tabell 8. Biogas förbrukning vid cirkulärdrift.
(Widborg, 2017)

Bränsleförbrukning (ton) per dag biogas					
Vecka	Veckodag	Färja 1 (ton)	Färja 2 (ton)	Färja 3 (ton)	Färja 4 (ton)
Vecka 1	Mån	1,9	1,3	0,5	0,0
	Tis	1,3	0,5	0,0	1,9
	Ons	0,5	0,0	1,9	1,3
	Tor	0,0	1,9	1,3	0,5
	Fre	1,9	1,3	0,5	0,0
	Lör	1,8	0,7	0,0	0,0
	Sön	0,0	1,8	0,7	0,0
	Summa	7,4	7,5	5,0	3,7
Vecka 2	Mån	1,3	0,5	0,0	1,9
	Tis	0,5	0,0	1,9	1,3
	Ons	0,0	1,9	1,3	0,5
	Tor	1,9	1,3	0,5	0,0
	Fre	1,3	0,5	0,0	1,9
	Lör	0,0	0,0	1,8	0,7
	Sön	0,7	0,0	0,0	1,8
	Summa	5,7	4,2	5,5	8,1
Vecka 3	Mån	0,5	0,0	1,9	1,3
	Tis	0,0	1,9	1,3	0,5
	Ons	1,9	1,3	0,5	0,0
	Tor	1,3	0,5	0,0	1,9
	Fre	0,5	0,0	1,9	1,3
	Lör	1,8	0,7	0,0	0,0
	Sön	0,0	1,8	0,7	0,0
	Summa	6,0	6,2	6,3	5,0
Vecka 4	Mån	0,0	1,9	1,3	0,5
	Tis	1,9	1,3	0,5	0,0
	Ons	1,3	0,5	0,0	1,9
	Tor	0,5	0,0	1,9	1,3
	Fre	0,0	1,9	1,3	0,5
	Lör	0,0	0,0	1,8	0,7
	Sön	0,7	0,0	0,0	1,8
	Summa	4,4	5,6	6,8	6,7
Veckodagar	Summa	18,5	18,5	18,5	18,5
Helgdagar	Summa	5,0	5,0	5,0	5,0
Månad (28dagar)	Totalt	23,5	23,5	23,5	23,5

Tabell 9. Biometan förbrukning vid cirkulärdrift.
(Widborg, 2017)

Bränsleförbrukning (ton) per dag biometan					
Vecka	Veckodag	Färja 1 (ton)	Färja 2 (ton)	Färja 3 (ton)	Färja 4 (ton)
Vecka 1	Mån	1,6	1,1	0,5	0,0
	Tis	1,1	0,5	0,0	1,6
	Ons	0,5	0,0	1,6	1,1
	Tor	0,0	1,6	1,1	0,5
	Fre	1,6	1,1	0,5	0,0
	Lör	1,6	0,7	0,0	0,0
	Sön	0,0	1,6	0,7	0,0
	Summa	6,5	6,6	4,4	3,3
Vecka 2	Mån	1,1	0,5	0,0	1,6
	Tis	0,5	0,0	1,6	1,1
	Ons	0,0	1,6	1,1	0,5
	Tor	1,6	1,1	0,5	0,0
	Fre	1,1	0,5	0,0	1,6
	Lör	0,0	0,0	1,6	0,7
	Sön	0,7	0,0	0,0	1,6
	Summa	5,1	3,7	4,8	7,1
Vecka 3	Mån	0,5	0,0	1,6	1,1
	Tis	0,0	1,6	1,1	0,5
	Ons	1,6	1,1	0,5	0,0
	Tor	1,1	0,5	0,0	1,6
	Fre	0,5	0,0	1,6	1,1
	Lör	1,6	0,7	0,0	0,0
	Sön	0,0	1,6	0,7	0,0
	Summa	5,3	5,5	5,5	4,4
Vecka 4	Mån	0,0	1,6	1,1	0,5
	Tis	1,6	1,1	0,5	0,0
	Ons	1,1	0,5	0,0	1,6
	Tor	0,5	0,0	1,6	1,1
	Fre	0,0	1,6	1,1	0,5
	Lör	0,0	0,0	1,6	0,7
	Sön	0,7	0,0	0,0	1,6
	Summa	3,9	4,9	6,0	5,9
Veckodagar	Summa	16,3	16,3	16,3	16,3
Helgdagar	Summa	4,4	4,4	4,4	4,4
Månad (28dagar)	Tot	20,7	20,7	20,7	20,7

Tabell 10 visar antal kg per flaska vid olika storlekar och tryck och uträknad utifrån den allmänna gaslagen vid temperaturen 20 grader Celsius.

Tabell 10. Massa (kg) gas per flaska vid olika volymer (m³). (Widborg, 2017)

Massa (kg) gas per flaska vid volymer (m ³)		
m ³ \ bar	300	200
0,25	49,3	32,9
0,3	59,2	39,4
0,45	88,7	59,2
1	197,2	131,5
10	1972,0	1314,7
20	3944,0	2629,3

4.2 Förvarings scenario & Bunkrings intervall

I tabell 11 och 12 visas ett beräkningsresultat som beskriver hur många behållare med gas av varierande storlek som behövs vid olika tryck vid 20°C. Beräkningarna är gjorda utifrån den allmänna gaslagen. Där fokus ligger på 200 och 300 bars tryck.

Tabell 11. Antal behållare som krävs för en månadsförbrukning biogas vid cirkulärdrift.
(Widborg, 2017)

Antal behållare (biogas) en månadsförbrukning (216,4h)		
m ³ \ bar	300	200
0,25	477,6	716,4
0,3	398,0	597,0
0,45	265,3	398,0
1	119,4	179,1
10	11,9	17,9
20	6,0	9,0

Tabell 12. Antal behållare som krävs för en månadsförbrukning biometan vid cirkulärdrift.
(Widborg, 2017)

Antal behållare (biometan) en månadsförbrukning (216,4h)		
m ³ \ bar	300	200
0,25	419,8	629,8
0,3	349,9	524,8
0,45	233,2	349,9
1	105,0	157,4
10	10,5	15,7
20	5,2	7,9

Utifrån att en normal överföringshastighet på en personbil ligger på 5 kg per minut som tidigare nämnts, blir detta minsta flöde som för att kunna beräkna ett bunkringsintervall som kan diskuteras. Utifrån resultatet så kan det anses som orimligt att ha en total bunkringshastighet på 5 kg per minut. I tabellerna 13 och 14 kan bunkringstider för olika massflöden för en månadsförbrukning med 216,4h drifttid. Med en genomsnittlig veckoförbrukning med 54,1h drifttid för både biogas och biometan.

Tabell 13 Bunkringstider för biogas h/mån & h/vecka
(Widborg, 2017)

Bunkring utav färja (biogas)		
kg/min	mån (h)	vecka (h)
5	78,5	19,6
10	39,2	9,8
20	19,6	4,9
40	9,8	2,5
80	4,9	1,2

Tabell 14 Bunkringstider för biometan h/mån & h/vecka
(Widborg, 2017)

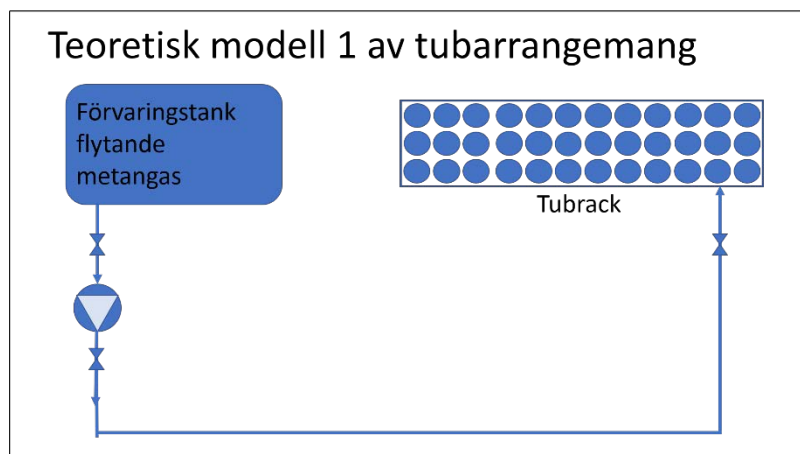
Bunkring utav färja (biometan)		
kg/min	mån (h)	vecka (h)
5	69,0	17,2
10	34,5	8,6
20	17,2	4,3
40	8,6	2,2
80	4,3	1,1

Modellering arrangemang av tuber

Figur 3 och 4 har tagits fram utifrån de tidigare resultaten där det går att se att antalet tankar varierar kraftigt beroende på valet av bränsle och storlek på tankarna. Bunkringstiderna varierar beroende på mängden bränsle som förvaras ombord samt kapaciteten hos kompressoranläggningen.

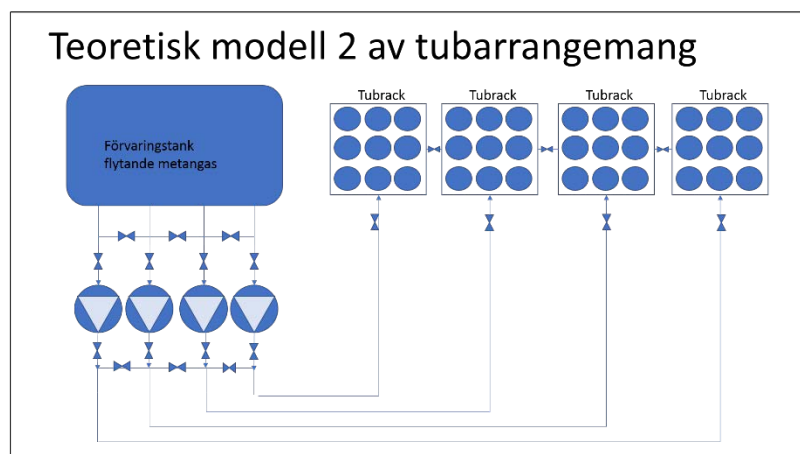
Figur 3 är ett tänkbart schematiskt arrangemang för bunkring. Utgångspunkt är att en tank med flytande metangas, samt en kompressor fyller ett tubrack ombord på färjan med x antal tuber vilket skulle kunna fungera om en NGV2-snabbkoppling används.

Om dimensioneringen ökas på komponenter som stryker flödet kan rimligtvis ett högre massflöde skapas. Alternativt i kombination med flera kompressorer och sektionerade tubrack som är parallellkopplade.



Figur 3: Teoretisk modell 1 av tubarrangemang. (Andersson, 2017)

Scenariot i Figur 4 har tagits fram utifrån den teknologin där massflödet för NGV1 är 5 kg/min. Om systemet dimensioneras upp med parallella linor och kompressorer så kan ett massflöde på cirka 20 kg per minut uppnås.



Figur 4: Teoretisk modell 2 av tubarrangemang. (Andersson, 2017)

5 Diskussion

I nedanstående kapitel kommer studiens resultat, valet av metod, resultatets reliabilitet, generaliserbarhet och validitet att diskuteras.

5.1 Resultatdiskussion

Studien har saknat tillgång till faktisk driftdata där en serie av modeller har tagits fram för att ersätta de driftdata som saknats. Modeller är gjorda utifrån ordinarie tidtabell på Hönöleden. Det faktiska antalet turer på Hönöleden 2015 var 26 921, utifrån studiens modellering har ett teoretiskt värde på antal turer tagits fram utifrån tidtabellen. På årsbasis gav modelleringen ett värde på 28 392 (bilaga 1, allmänna beräkningar) turer som anses vara så pass nära verkligheten att resultaten kan anses trovärdiga men inte helt exakta. Högtidsdagar och liknande har försumrats vilket har gett en differens på 5 % som går att se i tabell 15.

Om resultaten i studien är generaliserbara för Hönöleden går det förhoppningsvis att tillämpa dessa resultat på andra färjeleder med liknande förutsättningar inom Färjerederiets verksamhet.

Tabell 15. Generaliserbarhet av faktiska turer i relation till teoretisk modell (Widborg, 2017)

Generaliserbarhet		
Teoretiskt antal tur och retur per år (med helgdagar)	Faktiskt antal tur och retur på leden (2015)	Kvot (marginal)
28392	26921	105%

Det kan konstateras utifrån värdena i tabellerna 13 och 14 att om kompressor anläggningar med låga massflöden används, så blir differensen i bunkringstid mellan biogas och biometan för en månads förbrukning hög. Med ett massflöde på 5 kg per minut så skiljer det sig 9,5 timmar i bunkringstid per månad. Däremot om ett högre massflöde på 40 kg per minut används blir differensen endast 1,4 timmar mellan biogas och biometan. Detta visar att det är viktigt att bunkringssystemet dimensioneras utifrån biogas eller biometan. Biogas kräver bevisligen ett högre massflöde då det innehåller mindre energi.

Scenariot i Figur 4 skulle ge en mer rimlig överföringshastighet. Ett parallellkopplat system med bypass-kopplingar ger fler fördelar, exempelvis ökad redundans för bunkringsanläggningen samt tubracken ombord.

5.2 Metoddiskussion

Metoden metodkombination i samarbete med representativa och explorativa urval har varit väldigt svår att formulera och delvis gjort processen något mer komplicerad. Det har dock tillåtit en större valfrihet att forma arbetet utifrån studiens faktiska förutsättningar och åstadkommit relativt tydliga resultat utifrån studiens resurser. En stor del av den grundläggande oron besannades när projektet tappade sin finansiering vilket begränsade tillgången till material för att driva projektet framåt. Utifrån denna metodkombination har studien fristående kunnat ta sig vidare även om den ursprungliga planeringen fått förändrats kraftigt.

Datainsamling

De material som bakgrunden bygger på är hämtade från källor som är utvalda till deras relevans inom ämnen. Hönöledens distriktstekniker har varit en spjutspets med teknisk information angående Hönöleden med dess färjor och drift. Även underlag direkt från Färjerederiets hemsida har använts för mappning av Hönöledens tidtabell. Miljörapporter som tidigare gjorts åt Trafikverket har gett tydliga indikationer att det finns intresse att minimera utsläpp av klimatgaser, alltså är arbetet av relevans och reliabilitet då det till största del är baserat på faktiska värden.

Viss information har inte varit vetenskapliga artiklar. Informationen från Färjerederiet är däremot granskad av Trafikverket som i sin tur styrs av Regeringen, varpå detta anses som trovärdiga källor och har en hög reliabilitet.

Intervjuer

Intervjuerna som skett i person och via mejl har skapat en bredare form av datainsamling som gett en övergripelig bild och lett arbetet framåt resurseffektivt. Att hålla dessa ostrukturerade har gett en bredare inblick i ämnet och nyanserat problem som inte kom upp i det planerande skeendet.

Fördelen med personliga intervjuer på plats har lett till mer dynamiska intervjuer med större informationsutbyte, eftersom följdfrågor som dök upp spontant var lättare att ställa. På gott och ont blir en personlig intervju mer rakt på sak, ställs en fråga fås ett svar direkt, utan att svaret speglas, vinklas eller förvrängs. Svaret kan dock bli hastigt och kanske inte så fördjupat som det blivit ifall intervjun skett via mejl. Framförallt är det lättare att reda ut eventuella missförstånd om intervjun sker personligen genom att verifiera med följdfrågor. Fördelen med intervjuer via mejl är att det går rakt på sak och är tidseffektivt för både den som intervjuar och blir intervjuad då det kan ske på distans. Utifrån studiens resurser har detta fungerat fördelaktigt.

Beräkningar

Resultaten som har kommit fram till anses rimliga då antalet turer överensstämmer väl med verkligheten. Dock behöver dessa justeras utifrån verkningsgraden på systemen som en beslutar sig för att använda.

6 Slutsatser

Utifrån resultatet i studien har det konstaterats att både biogas och biometan är lämpliga bränslen. Däremot rekommenderas det mer energirika bränslet biometan eftersom det tar mindre utrymme vid angivet tryck och volym.

Utifrån beräkningar har det konstaterats att det skulle kunna finnas mindre tankkapacitet ombord. Detta förutsätter att färjorna har en anläggning som tillåter ett högre massflöde vid bunkring, då det snabbar upp bunkringsprocessen.

Om färjorna roterar i ett cirkulärt schema där tre färjor är i drift och en vid kaj skulle det vara möjligt för färjorna att ha ungefär en månads förbrukning på 216,4 timmars drift ombord.

För att få ett rimligt bunkrings scenario krävs det ett större dimensionerat system än de konventionella bunkrings anläggningar som finns för bilar och bussar.

En kombination med flera parallellgående påfyllnings linor och kompressorer ökar redundansen det innebär att systemet blir säkrare och mer tillförlitligt.

Förslag till fortsatta studier

Då randvillkor till stor del saknats är det oklart vilka behov som Hönöleden egentligen har i förhållande till drift och redundans vilket borde undersökas närmare. Randvillkoren bör fokusera på det nutida behovet samt att det tar höjd för framtiden. Förslag på fortsatt arbete är att göra ekonomiska kalkyler utifrån olika implementeringsmodeller som överensstämmer med randvillkoren för att kunna konstatera vad som är ekonomiskt hållbart i förhållande till redundans och drift.

Ett annat intressant scenario som ej denna studie tar upp är möjligheten för gas-elektrisk drift med batterikapacitet som avlastning vid effekttoppar och som eventuellt skulle kunna ersätta en nödgenerator alternativt en hel HM.

Referenser

Coelho, B. F. (2015). SAE TECHNICAL Evaluation of Biogas Use in Transit Bus Fleets. Hämtad från <https://saemobilus.sae.org/content/2015-36-0227>

Daun, V. (2017). Projektledare SSPA

Elovsson, S. O. (1992). Energiteknik formler och tabeller.

Energigas. (2017). Frågor och svar om biogas. Hämtat från <http://www.energigas.se/Energigaser/FAQ/FAQBiogas>

Fordonsgas (2017) Carl-Magnus Olsson, Produktionstekniker Fordonsgas.

Fordonsgas (u.å.). Vårt utbud | Fordonsgas. Hämtad maj 10, 2017, från <http://www.fordonsgas.se/vårt-utbud>

Färjerederiet. (2014). Tidtabell Hönöleden. Hämtad från http://www.trafikverket.se/contentassets/9f9740cb5ec84a40b599ff4ce3da7a3b/100628_hono_bjorkolederna_utg4_2015_b_webb.pdf

Färjerederiet. (2017). Färjerederiets frigående färjor - Trafikverket. Hämtad mars 21, 2017, från <http://www.trafikverket.se/farjerederiet/om-farjerederiet/vara-farjor/Vara-farjor/>

Färjerederiet. (2017). Färjerederiets linfärjor - Trafikverket. Hämtad Mars 21, 2017, från <http://www.trafikverket.se/farjerederiet/om-farjerederiet/vara-farjor/Linfarjor/>

Färjerederiet. (2017). Trafikstatistik. Hämtat från http://www.trafikverket.se/contentassets/9aad5bf2eedd46619007c68a9dbfa6c3/trafikstatistik_2015.pdf

IMO. (2017). Sulphur oxides (SOx) – Regulation 14. Hämtat mars 21, 2017, från [http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/sulphur-oxides-\(sox\)---regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/sulphur-oxides-(sox)---regulation-14.aspx)

IMO. (u.å.). Sulphur oxides (SOx) – Regulation 14. Hämtat mars 21, 2017, från [http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/sulphur-oxides-\(sox\)---regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/sulphur-oxides-(sox)---regulation-14.aspx)

IMO - Marpol. (u.å.). International Convention for the Prevention of Pollution från Ships (MARPOL). Hämtat mars 21, 2017, från

[http://www.imo.org/en/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-från-ships-\(marpol\).aspx](http://www.imo.org/en/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-från-ships-(marpol).aspx)

IMP. (u.å.). Marine Environment Protection Committee (MEPC). Hämtat mars 21, 2017, från [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Pages/default.aspx](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Pages/default.aspx)

Jansson, P., & Algell, J. (2016). RE20167820-01-00-A Förstudie kring gasdrift på Hönöleden SSPA har nöjet att leverera förstudie for gasdrift på Hönöleden. Innehållsförteckning.

Linus Klackenbergh. (2014). Frågor och svar, 8–9. Hämtat från <http://www.ellevio.se/privat/kundservice/fragor-och-svar/>

NE. (2017). fossila bränslen - NE. Hämtat mars 21, 2017, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/fossila-bränslen>

NE. (2017). biogas - NE. Hämtat Mars 21, 2017, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/biogas>

NE. (2017). Hönö - NE. Hämtat Mars 21, 2017, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/hönö>

NE. (2017). Öckerö. Hämtat Maj 12, 2017, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/öckerö>

Projektledare SSPA Martin Ericsson Borgh. (2015). KONSEKVENSBESKRIVNING FÖR KLIMAT-OCH ENERGIKRAV PÅ FÄRJEVERKSAMHET -DEL B. Hämtat från http://www.sspa.se/sites/www.sspa.se/files/field_page_files/sspa_re20157370-01-00-a.pdf

Swedegas. (u.å.). Grön gas-principen. Hämtad mars 23, 2017, från https://www.swedegas.se/smarta_energisystem/biogasanlaggningar/Gron-gas-principen

Swedegas. (u.å.). Svenska stamnätet. Hämtad mars 23, 2017, från <https://www.swedegas.se/gasnatet/gasnatet>

Swedegas. (u.å.). Klimat och miljö. Hämtad mars 22, 2017, från https://www.swedegas.se/gas/naturgas/klimat_och_miljo

Swedegas. (u.å.). Fakta om biogas. Hämtad mars 22, 2017, från https://www.swedegas.se/gas/biogas/fakta_om_biogas

Swedegas. (u.å.). Biogas. Hämtad mars 22, 2017, från <https://www.swedegas.se/gas/biogas>

Swedegas. (u.å.). Fakta om biogas. Hämtad Mars 21, 2017, från
https://www.swedegas.se/gas/biogas/fakta_om_biogas

Swedegas. (u.å.). Swedegas - Nationell biogasstrategi. Hämtad Mars 21, 2017, från
https://www.swedegas.se/gas/biogas/Copy-of-Strategi_for_mer_biogas

Swedegas. (u.å.). Nyttan med biogas. Hämtad Mars 22, 2017, från
<https://www.swedegas.se/gas/biogas/nyttan-med-biogas>

Trafikverket. (2017). Hönöleden. Hämtat april 2, 2017, från
<http://www.trafikverket.se/honoledden>

Bilaga 1

Allmänna beräkningar	
min/h	60
h/dygn	24
h/vecka	168
Veckodagar normal vecka	5
Helgdagar normal vecka	2
Antal veckor per år	52
Överfartstid	
Överfartstid minuter (minuter)	12
Lastning (minuter)	3
Lossning (minuter)	3
Antal färjor (st)	4
Tillgänglig färjetid (vecka)	672
Max antal tur/returer per färja per timme	
Max antal tur/returer per färja per timme	2
Resa tur och retur	24
T/R resa + lastning lossning	30
Antal turer	
Antal turer Hönö-Lilla Varholmen (Mån - Fre)	86
Antal turer Hönö-Lilla Varholmen (Lördag - Söndag)	58
Antal Turer Lilla Varholmen - Hönö (Mån - Fre)	86
Antal Turer Lilla Varholmen - Hönö (Lördag - Söndag)	58
Teoretiskt antal turer (vecka)	1092
Teoretiskt antal turer per år (med helgdagar ej högtider)	56784
Teoretiskt antal tur och returer per år (med helgdagar)	28392
Teoretiskt antal turer per vecka (utan helgdagar)	
Teoretiskt antal turer per vecka (utan helgdagar)	1204
Teoretiskt antal turer på leden (år)	62608
Teoretiskt antal turer och returer per år (utan helgdagar)	31304
Faktiskt antal turer på leden (2015)	26921
Utan lastning/lossning	
Teoretisk total driftstid/vecka med helgdagar (minuter)	13104
Teoretisk total driftstid/vecka med helgdagar (timmar)	218,4
Teoretisk driftsanvändning/tillgänglig kapacitet (vecka)	33%
Teoretisk total driftstid/vecka utan helgdagar (minuter)	14448
Teoretisk total driftstid/vecka utan helgdagar (minuter)	240,8
Teoretisk driftsanvändning/tillgänglig kapacitet (vecka)	36%
Med lastning lossning	
Teoretisk total driftstid/vecka med helgdagar (minuter)	19656
Teoretisk total driftstid/vecka med helgdagar (timmar)	327,6
Teoretisk driftsanvändning/tillgänglig kapacitet (vecka)	49%
Teoretisk total driftstid/vecka utan helgdagar (minuter)	21672
Teoretisk total driftstid/vecka utan helgdagar (minuter)	361,2
Teoretisk driftsanvändning/tillgänglig kapacitet (vecka)	54%
Totalbehov	
Teoretisk total driftstid = antal turer x tur tid (min)	19656
Teoretisk total driftstid hönöleden (Mån-Fre/dygn) = antal tu	327,6
Totalbehov = total färjetid /dygn (med lastning/lossning)	13,65
Faktisk Användning	3,4125

Turer Måndag - Fredag fördelat enligt tidtabell				
Tid (hela timmar)	Hönö - Lilla Varholmen	Lilla Varholmen - Hönö	Turer = Avgångar/(T/R)	Antal Turer
0	2	2	2	4
1	1	1	1	2
2	1	1	1	2
3	1	1	1	2
4	1	1	1	2
5	5	5	5	10
6	6	6	6	12
7	6	6	6	12
8	5	5	5	10
9	4	4	4	8
10	4	4	4	8
11	4	4	4	8
12	4	4	4	8
13	4	4	4	8
14	4	4	4	8
15	6	5	5,5	11
16	6	6	6	12
17	6	6	6	12
18	6	6	6	12
19	3	4	3,5	7
20	2	2	2	4
21	2	2	2	4
22	2	2	2	4
23	1	1	1	2
Summa	86	86	86	172

Turer Lördag - Söndag fördelat enligt tidtabell				
Tid (hela timmar)	Hönö - Lilla Varholmen	Lilla Varholmen - Hönö	Turer = Avgångar/(T/R)	Antal (T/R)
0	2	2	2	4
1	1	1	1	2
2	1	1	1	2
3	1	1	1	2
4	1	1	1	2
5	1	1	1	2
6	1	1	1	2
7	2	2	2	4
8	2	2	2	4
9	2	2	2	4
10	4	4	4	8
11	4	4	4	8
12	4	4	4	8
13	4	4	4	8
14	4	4	4	8
15	4	4	4	8
16	4	4	4	8
17	4	4	4	8
18	3	3	3	6
19	2	2	2	4
20	2	2	2	4
21	2	2	2	4
22	2	2	2	4
23	1	1	1	2
Summa	58	58	58	116

- 1 färja
- 2 färjor
- 3 färjor

Turer Måndag - Fredag fördelat på färjorna (T/R)					
Tid (hela timmar)	1:a färja	2:a färja	3:a färja	4:färja	Antal (T/R)
0	2	0	0	0	2
1	1	0	0	0	1
2	1	0	0	0	1
3	1	0	0	0	1
4	1	0	0	0	1
5	2	2	1	0	5
6	2	2	2	0	6
7	2	2	2	0	6
8	2	2	1	0	5
9	2	2	0	0	4
10	2	2	0	0	4
11	2	2	0	0	4
12	2	2	0	0	4
13	2	2	0	0	4
14	2	2	0	0	4
15	2	2	1	0	5
16	2	2	2	0	6
17	2	2	2	0	6
18	2	2	1	0	5
19	2	2	0	0	4
20	2	0	0	0	2
21	2	0	0	0	2
22	2	0	0	0	2
23	1	0	0	0	1
Summa	43	30	12	0	85

Driftsminuter Måndag - Fredag fördelat på färjorna (T/R)					
Tid (hela timmar)	1:a färja	2:a färja	3:a färja	4:färja	Totalt antal driftsminuter
0	48	0	0	0	48
1	24	0	0	0	24
2	24	0	0	0	24
3	24	0	0	0	24
4	24	0	0	0	24
5	48	48	24	0	120
6	48	48	48	0	144
7	48	48	48	0	144
8	48	48	24	0	120
9	48	48	0	0	96
10	48	48	0	0	96
11	48	48	0	0	96
12	48	48	0	0	96
13	48	48	0	0	96
14	48	48	0	0	96
15	48	48	24	0	120
16	48	48	48	0	144
17	48	48	48	0	144
18	48	48	24	0	120
19	48	48	0	0	96
20	48	0	0	0	48
21	48	0	0	0	48
22	48	0	0	0	48
23	24	0	0	0	24
Summa	1032	720	288	0	2040

	1 färja
	2 färjor
	3 färjor

Turer Lördag - Söndag fördelat på färjorna (T/R)					
Tid (hela timmar)	1:a färja	2:a färja	3:a färja	4:färja	Antal (T/R)
0	2	0	0	0	2
1	1	0	0	0	1
2	1	0	0	0	1
3	1	0	0	0	1
4	1	0	0	0	1
5	1	0	0	0	1
6	1	0	0	0	1
7	2	0	0	0	2
8	2	0	0	0	2
9	2	0	0	0	2
10	2	2	0	0	4
11	2	2	0	0	4
12	2	2	0	0	4
13	2	2	0	0	4
14	2	2	0	0	4
15	2	2	0	0	4
16	2	2	0	0	4
17	2	2	0	0	4
18	2	1	0	0	3
19	2	0	0	0	2
20	2	0	0	0	2
21	2	0	0	0	2
22	2	0	0	0	2
23	1	0	0	0	1
	41	17	0	0	58

Driftsminuter Lördag - Söndag fördelat på färjorna (T/R)					
Tid (hela timmar)	1:a färja	2:a färja	3:a färja	4:färja	Totalt antal driftsminuter
0	48	0	0	0	48
1	24	0	0	0	24
2	24	0	0	0	24
3	24	0	0	0	24
4	24	0	0	0	24
5	24	0	0	0	24
6	24	0	0	0	24
7	48	0	0	0	48
8	48	0	0	0	48
9	48	0	0	0	48
10	48	48	0	0	96
11	48	48	0	0	96
12	48	48	0	0	96
13	48	48	0	0	96
14	48	48	0	0	96
15	48	48	0	0	96
16	48	48	0	0	96
17	48	48	0	0	96
18	48	24	0	0	72
19	48	0	0	0	48
20	48	0	0	0	48
21	48	0	0	0	48
22	48	0	0	0	48
23	24	0	0	0	24
Summa	984	408	0	0	1392

- 1 färja
- 2 färjor
- 3 färjor

Bilaga 2

24h färjan Teoretisk bränsleförbrukning (24h drift)						
Biogas	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	61,5	6,2	0,6	0,3	0,2
	V/dygn	1476,0	149,6	15,0	7,5	5,0
	V/vecka	10332,3	1046,9	104,7	52,3	34,9
	V/Månad	44281,1	4486,8	448,7	224,3	149,6
-10 grader Celcius	V/h	146,7	14,9	1,5	0,7	0,49534
	V/dygn	3519,8	356,6	35,7	17,8	11,9
	V/vecka	24638,5	2496,5	249,6	124,8	83,2
	V/Månad	105593,5	10699,3	1069,9	535,0	356,6
0 grader Celcius	V/h	152,2	15,4	1,5	0,8	0,5
	V/dygn	3653,4	370,2	37,0	18,5	12,3
	V/vecka	25573,5	2591,2	259,1	129,6	86,4
	V/Månad	109600,8	11105,3	1110,5	555,3	370,2
10 grader Celcius	V/h	157,8	16,0	1,6	0,8	0,5
	V/dygn	3786,9	383,7	38,4	19,2	12,8
	V/vecka	26508,6	2686,0	268,6	134,3	89,5
	V/Månad	113608,2	11511,3	1151,1	575,6	383,7
20 grader Celcius	V/h	163,4	16,6	1,7	0,8	0,6
	V/dygn	3920,5	397,2	39,7	19,9	13,2
	V/vecka	27443,6	2780,7	278,1	139,0	92,7
	V/Månad	117615,5	11917,4	1191,7	595,9	397,2
30 grader Celcius	V/h	168,9	17,1	1,7	0,9	0,6
	V/dygn	4054,1	410,8	41,1	20,5	13,7
	V/vecka	28378,7	2875,5	287,5	143,8	95,8
	V/Månad	121622,9	12323,4	1232,3	616,2	410,8

24h färjan Teoretisk bränsleförbrukning (24h drift)						
BioMetan	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	54,1	5,5	0,5	0,3	0,2
	V/dygn	1297,6	131,5	13,1	6,6	4,4
	V/vecka	9083,0	920,3	92,0	46,0	30,7
	V/Månad	38927,1	3944,3	394,4	197,2	131,5
-10 grader Celcius	V/h	128,9	13,1	1,3	0,7	0,44
	V/dygn	3094,2	313,5	31,4	15,7	10,5
	V/vecka	21659,5	2194,6	219,5	109,7	73,2
	V/Månad	92826,3	9405,6	940,6	470,3	313,5
0 grader Celcius	V/h	133,8	13,6	1,4	0,7	0,5
	V/dygn	3211,6	325,4	32,5	16,3	10,8
	V/vecka	22481,5	2277,9	227,8	113,9	75,9
	V/Månad	96349,1	9762,6	976,3	488,1	325,4
10 grader Celcius	V/h	138,7	14,1	1,4	0,7	0,5
	V/dygn	3329,1	337,3	33,7	16,9	11,2
	V/vecka	23303,4	2361,2	236,1	118,1	78,7
	V/Månad	99871,9	10119,5	1012,0	506,0	337,3
20 grader Celcius	V/h	143,6	14,6	1,5	0,7	0,5
	V/dygn	3446,5	349,2	34,9	17,5	11,6
	V/vecka	24125,4	2444,5	244,5	122,2	81,5
	V/Månad	103394,7	10476,5	1047,6	523,8	349,2
30 grader Celcius	V/h	148,5	15,0	1,5	0,8	0,5
	V/dygn	3563,9	361,1	36,1	18,1	12,0
	V/vecka	24947,4	2527,8	252,8	126,4	84,3
	V/Månad	106917,5	10833,4	1083,3	541,7	361,1



<30 m³

<60 m³

> 60 m³

24h färjan Teoretisk bränsleförbrukning (17,2h drift)						
Biogas	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	61,50158144	6,231647739	0,62316477	0,3115824	0,2077216
	V/dygn	1057,827201	107,1843411	10,7184341	5,3592171	3,5728114
	V/vecka	7404,790405	750,2903878	75,0290388	37,514519	25,00968
	V/Månad	31734,81602	3215,530233	321,553023	160,77651	107,18434
-10 grader Celcius	V/h	146,6576173	14,86008307	1,48600831	0,7430042	0,4953361
	V/dygn	2522,511017	255,5934288	25,5593429	12,779671	8,519781
	V/vecka	17657,57712	1789,154002	178,9154	89,4577	59,638467
	V/Månad	75675,33051	7667,802864	766,780286	383,39014	255,59343
0 grader Celcius	V/h	152,2233713	15,42403309	1,54240331	0,7712017	0,5141344
	V/dygn	2618,241986	265,2933692	26,5293369	13,264668	8,8431123
	V/vecka	18327,6939	1857,053584	185,705358	92,852679	61,901786
	V/Månad	78547,25957	7958,801075	795,880108	397,94005	265,29337
10 grader Celcius	V/h	157,7891252	15,98798311	1,59879831	0,7993992	0,5329328
	V/dygn	2713,972954	274,9933096	27,499331	13,749665	9,1664437
	V/vecka	18997,81068	1924,953167	192,495317	96,247658	64,165106
	V/Månad	81419,18862	8249,799287	824,979929	412,48996	274,99331
20 grader Celcius	V/h	163,3548792	16,55193314	1,65519331	0,8275967	0,5517311
	V/dygn	2809,703922	284,6932499	28,469325	14,234662	9,489775
	V/vecka	19667,92746	1992,852749	199,285275	99,642637	66,428425
	V/Månad	84291,11767	8540,797498	854,07975	427,03987	284,69325
30 grader Celcius	V/h	168,9206332	17,11588316	1,71158832	0,8557942	0,5705294
	V/dygn	2905,434891	294,3931903	29,439319	14,71966	9,8131063
	V/vecka	20338,04423	2060,752332	206,075233	103,03762	68,691744
	V/Månad	87163,04672	8831,795709	883,179571	441,58979	294,39319

24h färjan Teoretisk bränsleförbrukning (17,2h drift)						
BioMetan	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	54,06548114	5,478184876	0,54781849	0,2739092	0,1826062
	V/dygn	929,9262756	94,22477987	9,42247799	4,711239	3,140826
	V/vecka	6509,483929	659,5734591	65,9573459	32,978673	21,985782
	V/Månad	27897,78827	2826,743396	282,67434	141,33717	94,22478
-10 grader Celcius	V/h	128,9253781	13,06336394	1,30633639	0,6531682	0,4354455
	V/dygn	2217,516503	224,6898597	22,468986	11,234493	7,489662
	V/vecka	15522,61552	1572,829018	157,282902	78,641451	52,427634
	V/Månad	66525,4951	6740,695791	674,069579	337,03479	224,68986
0 grader Celcius	V/h	133,8181818	13,55912727	1,35591273	0,6779564	0,4519709
	V/dygn	2301,672727	233,2169891	23,3216989	11,660849	7,7738996
	V/vecka	16111,70909	1632,518924	163,251892	81,625946	54,417297
	V/Månad	69050,18182	6996,509673	699,650967	349,82548	233,21699
10 grader Celcius	V/h	138,7109855	14,05489061	1,40548906	0,7027445	0,4684964
	V/dygn	2385,828951	241,7441185	24,1744118	12,087206	8,0581373
	V/vecka	16700,80266	1692,208829	169,220883	84,610441	56,406961
	V/Månad	71574,86854	7252,323555	725,232355	362,61618	241,74412
20 grader Celcius	V/h	143,6037893	14,55065395	1,45506539	0,7275327	0,4850218
	V/dygn	2469,985175	250,2712479	25,0271248	12,513562	8,3423749
	V/vecka	17289,89623	1751,898735	175,189874	87,594937	58,396625
	V/Månad	74099,55526	7508,137437	750,813744	375,40687	250,27125
30 grader Celcius	V/h	148,496593	15,04641728	1,50464173	0,7523209	0,5015472
	V/dygn	2554,141399	258,7983773	25,8798377	12,939919	8,6266126
	V/vecka	17878,9898	1811,588641	181,158864	90,579432	60,386288
	V/Månad	76624,24198	7763,951319	776,395132	388,19757	258,79838

 <30 m³
 <60 m³
 >60 m³

16h färjan teoretisk förbrukning						
Biogas	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	61,50158144	6,231647739	0,62316477	0,3115824	0,2077216
	V/dygn	738,0189773	74,77977287	7,47797729	3,7389886	2,4926591
	V/vecka	5166,132841	523,4584101	52,345841	26,172921	17,448614
	V/Månad	22140,56932	2243,393186	224,339319	112,16966	74,779773
-10 grader Celcius	V/h	146,6576173	14,86008307	1,48600831	0,7430042	0,4953361
	V/dygn	1759,891407	178,3209968	17,8320997	8,9160498	5,9440332
	V/vecka	12319,23985	1248,246978	124,824698	62,412349	41,608233
	V/Månad	52796,74222	5349,629905	534,962991	267,4815	178,321
0 grader Celcius	V/h	152,2233713	15,42403309	1,54240331	0,7712017	0,5141344
	V/dygn	1826,680455	185,0883971	18,5088397	9,2544199	6,1696132
	V/vecka	12786,76319	1295,61878	129,561878	64,780939	43,187293
	V/Månad	54800,41365	5552,651913	555,265191	277,6326	185,0884
10 grader Celcius	V/h	157,7891252	15,98798311	1,59879831	0,7993992	0,5329328
	V/dygn	1893,469503	191,8557974	19,1855797	9,5927899	6,3951932
	V/vecka	13254,28652	1342,990582	134,299058	67,149529	44,766353
	V/Månad	56804,08508	5755,673921	575,567392	287,7837	191,8558
20 grader Celcius	V/h	163,3548792	16,55193314	1,65519331	0,8275967	0,5517311
	V/dygn	1960,25855	198,6231976	19,8623198	9,9311599	6,6207733
	V/vecka	13721,80985	1390,362383	139,036238	69,518119	46,345413
	V/Månad	58807,75651	5958,695929	595,869593	297,9348	198,6232
30 grader Celcius	V/h	168,9206332	17,11588316	1,71158832	0,8557942	0,5705294
	V/dygn	2027,047598	205,3905979	20,5390598	10,26953	6,8463533
	V/vecka	14189,33319	1437,734185	143,773419	71,886709	47,924473
	V/Månad	60811,42794	6161,717937	616,171794	308,0859	205,3906

16h färjan teoretisk förbrukning						
BioMetan	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	54,06548114	5,478184876	0,54781849	0,2739092	0,1826062
	V/dygn	648,7857736	65,73821851	6,57382185	3,2869109	2,191274
	V/vecka	4541,500415	460,1675296	46,016753	23,008376	15,338918
	V/Månad	19463,57321	1972,146555	197,214656	98,607328	65,738219
-10 grader Celcius	V/h	128,9253781	13,06336394	1,30633639	0,6531682	0,4354455
	V/dygn	1547,104537	156,7603672	15,6760367	7,8380184	5,2253456
	V/vecka	10829,73176	1097,322571	109,732257	54,866129	36,577419
	V/Månad	46413,13611	4702,811017	470,281102	235,14055	156,76037
0 grader Celcius	V/h	133,8181818	13,55912727	1,35591273	0,6779564	0,4519709
	V/dygn	1605,818182	162,7095273	16,2709527	8,1354764	5,4236509
	V/vecka	11240,72727	1138,966691	113,896669	56,948335	37,965556
	V/Månad	48174,54545	4881,285818	488,128582	244,06429	162,70953
10 grader Celcius	V/h	138,7109855	14,05489061	1,40548906	0,7027445	0,4684964
	V/dygn	1664,531826	168,6586873	16,8658687	8,4329344	5,6219562
	V/vecka	11651,72279	1180,610811	118,061081	59,030541	39,353694
	V/Månad	49935,95479	5059,76062	505,976062	252,98803	168,65869
20 grader Celcius	V/h	143,6037893	14,55065395	1,45506539	0,7275327	0,4850218
	V/dygn	1723,245471	174,6078474	17,4607847	8,7303924	5,8202616
	V/vecka	12062,7183	1222,254932	122,225493	61,112747	40,741831
	V/Månad	51697,36413	5238,235421	523,823542	261,91177	174,60785
30 grader Celcius	V/h	148,496593	15,04641728	1,50464173	0,7523209	0,5015472
	V/dygn	1781,959116	180,5570074	18,0557007	9,0278504	6,0185669
	V/vecka	12473,71381	1263,899052	126,389905	63,194953	42,129968
	V/Månad	53458,77348	5416,710222	541,671022	270,83551	180,55701



8h färjan teoretisk förbrukning (4,8h drift)						
Biogas	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	61,50158144	6,231647739	0,62316477	0,3115824	0,2077216
	V/dygn	295,2075909	29,91190915	2,99119091	1,4955955	0,9970636
	V/vecka	2066,453136	209,383364	20,9383364	10,469168	6,9794455
	V/Månad	8856,227727	897,3572744	89,7357274	44,867864	29,911909
-10 grader Celcius	V/h	146,6576173	14,86008307	1,48600831	0,7430042	0,4953361
	V/dygn	703,9565629	71,32839874	7,13283987	3,5664199	2,3776133
	V/vecka	4927,69594	499,2987912	49,9298791	24,96494	16,643293
	V/Månad	21118,69689	2139,851962	213,985196	106,9926	71,328399
0 grader Celcius	V/h	152,2233713	15,42403309	1,54240331	0,7712017	0,5141344
	V/dygn	730,672182	74,03535884	7,40353588	3,7017679	2,4678453
	V/vecka	5114,705274	518,2475119	51,8247512	25,912376	17,274917
	V/Månad	21920,16546	2221,060765	222,106077	111,05304	74,035359
10 grader Celcius	V/h	157,7891252	15,98798311	1,59879831	0,7993992	0,5329328
	V/dygn	757,3878011	76,74231895	7,67423189	3,8371159	2,5580773
	V/vecka	5301,714608	537,1962326	53,7196233	26,859812	17,906541
	V/Månad	22721,63403	2302,269568	230,226957	115,11348	76,742319
20 grader Celcius	V/h	163,3548792	16,55193314	1,65519331	0,8275967	0,5517311
	V/dygn	784,1034202	79,44927905	7,9449279	3,972464	2,6483093
	V/vecka	5488,723941	556,1449533	55,6144953	27,807248	18,538165
	V/Månad	23523,10261	2383,478371	238,347837	119,17392	79,449279
30 grader Celcius	V/h	168,9206332	17,11588316	1,71158832	0,8557942	0,5705294
	V/dygn	810,8190393	82,15623915	8,21562392	4,107812	2,7385413
	V/vecka	5675,733275	575,0936741	57,5093674	28,754684	19,169789
	V/Månad	24324,57118	2464,687175	246,468717	123,23436	82,156239

8h färjan teoretisk förbrukning (4,8h drift)						
BioMetan	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	54,06548114	5,478184876	0,54781849	0,2739092	0,1826062
	V/dygn	259,5143095	26,29528741	2,62952874	1,3147644	0,8765096
	V/vecka	1816,600166	184,0670118	18,4067012	9,2033506	6,1355671
	V/Månad	7785,429284	788,8586222	78,8858622	39,442931	26,295287
-10 grader Celcius	V/h	128,9253781	13,06336394	1,30633639	0,6531682	0,4354455
	V/dygn	618,8418149	62,70414689	6,27041469	3,1352073	2,0901382
	V/vecka	4331,892704	438,9290282	43,8929028	21,946451	14,630968
	V/Månad	18565,25445	1881,124407	188,112441	94,05622	62,704147
0 grader Celcius	V/h	133,8181818	13,55912727	1,35591273	0,6779564	0,4519709
	V/dygn	642,3272727	65,08381091	6,50838109	3,2541905	2,1694604
	V/vecka	4496,290909	455,5866764	45,5586676	22,779334	15,186223
	V/Månad	19269,81818	1952,514327	195,251433	97,625716	65,083811
10 grader Celcius	V/h	138,7109855	14,05489061	1,40548906	0,7027445	0,4684964
	V/dygn	665,8127306	67,46347493	6,74634749	3,3731737	2,2487825
	V/vecka	4660,689114	472,2443245	47,2244324	23,612216	15,741477
	V/Månad	19974,38192	2023,904248	202,390425	101,19521	67,463475
20 grader Celcius	V/h	143,6037893	14,55065395	1,45506539	0,7275327	0,4850218
	V/dygn	689,2981885	69,84313895	6,98431389	3,4921569	2,3281046
	V/vecka	4825,087319	488,9019726	48,8901973	24,445099	16,296732
	V/Månad	20678,94565	2095,294168	209,529417	104,76471	69,843139
30 grader Celcius	V/h	148,496593	15,04641728	1,50464173	0,7523209	0,5015472
	V/dygn	712,7836463	72,22280296	7,2222803	3,6111401	2,4074268
	V/vecka	4989,485524	505,5596208	50,5559621	25,277981	16,851987
	V/Månad	21383,50939	2166,684089	216,668409	108,3342	72,222803

<30 m³
 <60 m³
 >60 m³

Total Teoretisk Förbrukning Hönöleden						
Biogas	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	61,50158144	6,231647739	0,62316477	0,3115824	0,2077216
	V/dygn	2091,053769	211,8760231	21,1876023	10,593801	7,0625341
	V/vecka	14637,37638	1483,132162	148,313216	74,156608	49,437739
	V/Månad	62731,61307	6356,280694	635,628069	317,81403	211,87602
-10 grader Celcius	V/h	439,9728518	44,58024921	4,45802492	2,2290125	1,4860083
	V/dygn	4986,358987	505,2428244	50,5242824	25,262141	16,841427
	V/vecka	34904,51291	3536,699771	353,669977	176,83499	117,88999
	V/Månad	149590,7696	15157,28473	1515,72847	757,86424	505,24282
0 grader Celcius	V/h	456,6701138	46,27209928	4,62720993	2,313605	1,5424033
	V/dygn	5175,594623	524,4171251	52,4417125	26,220856	17,480571
	V/vecka	36229,16236	3670,919876	367,091988	183,54599	122,364
	V/Månad	155267,8387	15732,51375	1573,25138	786,62569	524,41713
10 grader Celcius	V/h	473,3673757	47,96394934	4,79639493	2,3981975	1,5987983
	V/dygn	5364,830258	543,5914259	54,3591426	27,179571	18,119714
	V/vecka	37553,8118	3805,139981	380,513998	190,257	126,838
	V/Månad	160944,9077	16307,74278	1630,77428	815,38714	543,59143
20 grader Celcius	V/h	490,0646376	49,65579941	4,96557994	2,48279	1,6551933
	V/dygn	5554,065893	562,7657266	56,2765727	28,138286	18,758858
	V/vecka	38878,46125	3939,360086	393,936009	196,968	131,312
	V/Månad	166621,9768	16882,9718	1688,29718	844,14859	562,76573
30 grader Celcius	V/h	506,7618995	51,34764947	5,13476495	2,5673825	1,7115883
	V/dygn	5743,301528	581,9400273	58,1940027	29,097001	19,398001
	V/vecka	40203,1107	4073,580191	407,358019	203,67901	135,78601
	V/Månad	172299,0458	17458,20082	1745,82008	872,91004	581,94003

Total Teoretisk Förbrukning Hönöleden						
BioMetan	Tryck	101325	1000000	10000000	20000000	30000000
-163 grader Celcius	V/h	54,06548114	5,478184876	0,54781849	0,2739092	0,1826062
	V/dygn	1838,226359	186,2582858	18,6258286	9,3129143	6,2086095
	V/vecka	12867,58451	1303,808001	130,3808	65,1904	43,460267
	V/Månad	55146,79076	5587,748574	558,774857	279,38743	186,25829
-10 grader Celcius	V/h	386,7761343	39,19009181	3,91900918	1,9595046	1,3063364
	V/dygn	4383,462855	444,1543738	44,4154374	22,207719	14,805146
	V/vecka	30684,23999	3109,080617	310,908062	155,45403	103,63602
	V/Månad	131503,8857	13324,63121	1332,46312	666,23156	444,15437
0 grader Celcius	V/h	401,4545455	40,67738182	4,06773818	2,0338691	1,3559127
	V/dygn	4549,818182	461,0103273	46,1010327	23,050516	15,367011
	V/vecka	31848,72727	3227,072291	322,707229	161,35361	107,56908
	V/Månad	136494,5455	13830,30982	1383,03098	691,51549	461,01033
10 grader Celcius	V/h	416,1329566	42,16467183	4,21646718	2,1082336	1,4054891
	V/dygn	4716,173508	477,8662807	47,7866281	23,893314	15,928876
	V/vecka	33013,21456	3345,063965	334,506397	167,2532	111,50213
	V/Månad	141485,2053	14335,98842	1433,59884	716,79942	477,86628
20 grader Celcius	V/h	430,8113678	43,65196184	4,36519618	2,1825981	1,4550654
	V/dygn	4882,528835	494,7222342	49,4722234	24,736112	16,490741
	V/vecka	34177,70184	3463,055639	346,305564	173,15278	115,43519
	V/Månad	146475,865	14841,66703	1484,1667	742,08335	494,72223
30 grader Celcius	V/h	445,489779	45,13925185	4,51392519	2,2569626	1,5046417
	V/dygn	5048,884162	511,5781877	51,1578188	25,578909	17,052606
	V/vecka	35342,18913	3581,047314	358,104731	179,05237	119,36824
	V/Månad	151466,5248	15347,34563	1534,73456	767,36728	511,57819

