

**Kan ett marint - och ett affärsekosystem länkas
samman för en förbättrad kunskap om
klimatförändring? – en studie om förnyelsen av
Kvarkens färjetrafik**

Walter Vuori

Pro gradu-avhandling i miljö- och marinbiologi

Handledare: Anna Törnroos-Remes, Magnus Hellström

Fakulteten för naturvetenskaper och teknik

Åbo Akademi

2022

Walter Vuori

ÅBO AKADEMI

Fakultet för naturvetenskaper och teknik
Miljö- och marinbiologi

Vuori, Walter
2022

Kan ett marint - och ett affärsekosystem länkas samman för en förbättrad kunskap om klimatförändring? – en studie om förnyelsen av Kvarkens färjetrafik

Pro gradu-avhandling 49 s, (1 bilaga)

Abstrakt

Kvarken är en unik miljö som bildar en undervattenströskel mellan Bottenhavet och Bottenviken, var flera arter når sin sydliga eller nordliga toleransgräns. Kvarkens marina ekosystem är sårbar för klimatförändringens effekter och förändringar i saliniteten samt temperaturen kan orsaka stora förändringar i Kvarkens marina ekosystem och artsammansättning. För att öka vår kunskap och färdigheter för att åtgärda klimatförändringens effekter i marina ekosystem och för att uppnå god ekologisk status krävs det marin miljöövervakning och datainsamling av väsentliga variabler. I avhandlingen har jag undersökt Kvarkens marina miljöövervaknings spatiala och temporala täckning och om den är tillräcklig för att uppfölja förändringar i havet. Ytterligare har jag studerat hur Wasalines nya färja Aurora Botnia, som trafikerar i Kvarken, genom dess förnyade affärsekosystem, och kolhandavtrycksmetodologin kan användas för att öka vår förståelse av klimatförändringen genom *in situ* datainsamling och samarbete mellan sjöfartsindustrin och aktuella aktörer inom marina miljöövervakning och miljöförvaltning. Resultaten visar att miljöövervakningens spatiala och temporala täckning är bristfällig och i de flesta fall beroende av traditionella manuella övervakningsmetoder. Med hjälp av automatiserad provtagning och miljöövervakning i Aurora Botnia kan vi öka på både den temporala och spatiala täckningen av miljöövervakningen i Kvarken och medföra nyttor i Wasalines affärsekosystem genom att producera kostnadseffektiva miljödata.

Nyckelord: Marin miljöövervakning, affärsekosystem, Kvarken, klimatförändringen, kolhandavtryck, sjöfartsindustri

Innehåll

1. Inledning.....	1
1.1 Kvarken	1
1.2 Det marina ekosystemet i Kvarken	2
1.3 Klimatförändringen i Kvarken	3
1.4 Klimatförändringens ekologiska effekter	4
1.5 Marin miljöövervakning i Finland	5
1.6 Färjförbindelsen Vasa – Umeå	5
1.7 Kvarkenfärjans affärsekosystem	6
1.8 Begreppen kolhandavtryck och miljöfotavtryck	7
2. Syfte och frågeställningar.....	8
3. Material och metoder	10
3.1 Studieområde.....	10
3.2 Datainsamling om marin miljöövervakning i studieområdet.....	10
3.3 Kartanalys av övervakningsstationer och kartläggning av datainsamlingen i studieområdet	11
3.3.1 Kartläggning av de finska övervakningsstationerna	12
3.3.2 Kartläggning av de svenska övervakningsstationerna.....	12
3.4 Diskussioner med Södra Österbottens Närings-, trafik- och miljöcentral, Finlands miljöcentral och Wasaline	13
3.5 Kartläggning av Wasalines affärsekosystem	13
3.6 Kolhandavtycksmetodologin och tillämpning	14
4. Resultat.....	14
4.1 Marina miljöövervakningsstationer i studieområdet.....	14
4.1.1 Södra Österbottens NTM-centralens övervakningsstationer i studieområdet.....	15
4.1.1.1 Samkontrollprogrammet i Vasa	17
4.1.2 Marin miljöövervakning på den svenska sidan av studieområdet.....	19
4.1.3 Forskningsfartyget Arandas övervakning och Alg@line-övervakningen	20

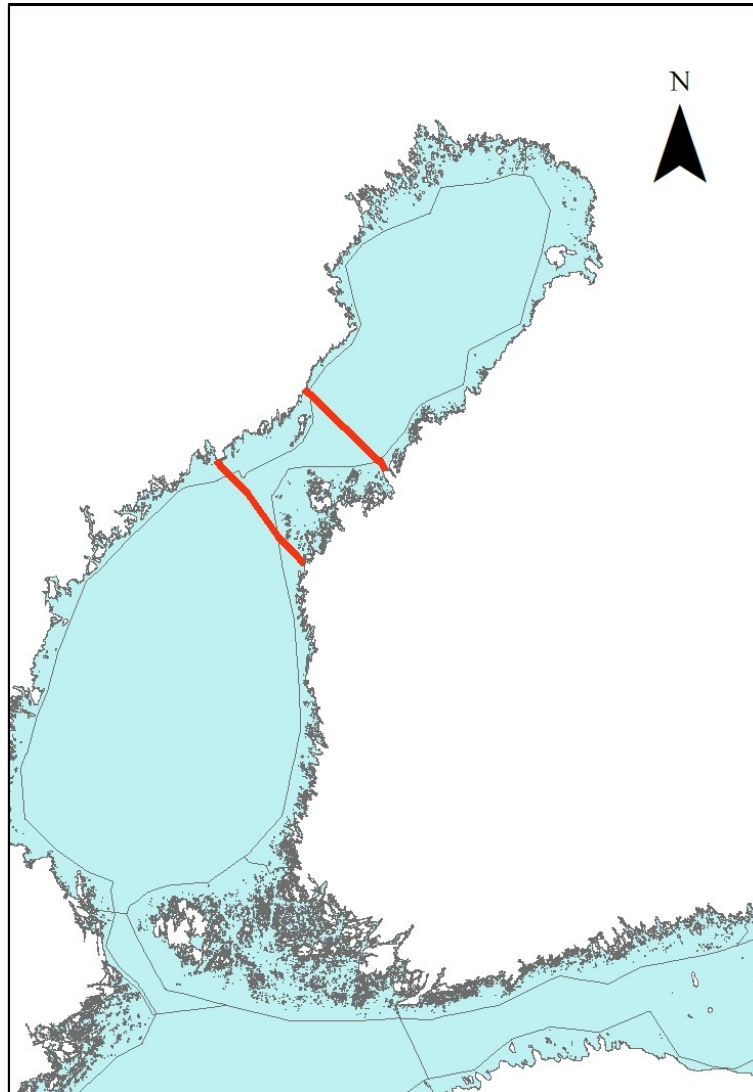
4.1.4 Naturskyddsområden, EMMA-områden och naturtyper.....	22
4.2 Övervakningsstationernas täthet	23
4.3 Wasalines affärsekosystem	24
4.4 Visualisering av kolhandavtrycksmetodologi	25
4.5 Utveckling av den marina miljöövervakningen i Kvarnen	28
5. Diskussion	28
5.1 Marin miljöövervakning i studieområdet	29
5.2 <i>In situ</i> övervakning och fjärranalys	31
5.3 Forskningsfartyget Aranda	33
5.4 Bristerna och utvecklingsbehoven i marin miljöövervakning i studieområdet.....	34
5.5 Framtidsutvecklingen av marin miljöövervakning	36
5.6 Wasalines affärsekosystem och miljöeffekter	37
5.7 Utvecklingen av sjöfartsindustrin i koppling till marin miljöövervakning och datainsamling	39
5.8 Användning av FerryBox mätningssystem i Aurora Botnia.....	40
5.9 Kol- och miljöhandavtrycket.....	41
6. Konklusion	42
Referenser.....	44

1. Inledning

1.1 Kvarken

Kvarken är det smalaste havsområdet i Bottniska viken som bildas av Österbotten, Södra Österbotten och Mellersta Österbotten på den finska sidan och av Västerbottens och Örnköldsviks län på den svenska sidan (Figur 1). Avståndet mellan Finlands och Sveriges kust är ca 80 kilometer och djupaste delen är 25 meter (Poutanen & Steffen 2014). Kvarken består av 6 550 öar och har sammanlagt 2 840 kilometer av kustlinje (Breilin et al. 2005). Områdets egenskaper mellan Finland och Sverige skiljer sig drastiskt. På den finska sidan är skärgården grund och stenig med många öar medan kustlinjen på den svenska sidan är brant och skärgården är mindre med bara några öar (Breilin et al. 2005). Kvarken bildar ett tröskelområde mellan de två nordligaste havsbassängerna i Östersjön, nämligen Bottenhavet och Bottniska viken. Området är känt för postglacial landupphöjning och geologiska formationer. Landupphöjningen i Kvarken är ett noterbart fenomen som har uppstått från istiden ca 20 000 år sedan (Poutanen & Steffen 2014). Ismassan tryckte ner jordskorpan som nu återhämtar sig, landupphöjningens takt är ca 9 mm/år beroende på var i Kvarken man befinner sig (Steffen & Wu 2011). Landet har stigit ca 300 meter på 10 000 år och enligt modeller förväntas det ännu fortsätta stiga 90 – 130 meter (Steffen & Wu 2011). Enligt framtidsscenarioer kommer det att bildas ett näs mellan Vasa och Umeå inom 3600 år (Poutanen & Steffen 2014). Med den kvartära istiden bildades de kända moränformationerna i Kvarken. Moräner bildar långa bergsryggar och kullar, så kallade De Geer-moräner (Breilin et al. 2005). Dessa är mest synliga och lättast att studera i Svedjehamn i Björköby (Breilin et al. 2005).

Från och med 2006 är Kvarken en del av ett transnationellt UNESCO världsarvsområde tillsammans med Höga Kusten i Sverige (World Heritage Committee n.d.). Med UNESCO världsarvsområden vill man skydda områden som har globalt unika värden, av antingen historisk, estetisk, etnologisk eller antropologisk betydelse. Enligt Världsarvskommittén har Kvarken ett högt geologiskt värde på grund av landupphöjningen och De Geer-moränerna som tillsammans med Höga Kusten bildar ett viktigt område för att undersöka processerna av postglacial landupphöjning och jordskorpan (World Heritage Committee n.d.).



Figur 1. Karta över Östersjön. Området mellan de röda sträcken är Kvarnens havsområde.

1.2 Det marina ekosystemet i Kvarnen

Kvarnens marina ekosystem och habitat förändras ständigt på grund av landupphöjningen, vilket orsakar att det kontinuerligt bildas nya områden. I och med att Kvarnen bildar en undervattenströskel mellan Bottniska viken och Bottenhavet förändras även artsammansättningen längs syd- nord gradienten, där marina arter ersätts av sötvattensarter och artmångfalden minskar norrut (Kronholm et al. 2005). Kännetecknande för Kvarnens ekosystem är låg artmångfald och av artsammansättningen utgör makrofyter största andelen av totala artantalet (HELCOM 2012).

I hela Östersjön utsätts arterna för en kontinuerlig evolutionär förändring och anpassning på grund av salinitetsförändringarna. Detta förstärks ytterligare i Kvarken där en mångfald av andra variationer (landupphöjning, batymetri och salinitet) förekommer (EBSA 2019). Exempelvis varierar saliniteten i Kvarken från 5 ‰ i söder till 3,5 ‰ i norr (Bergström & Bergström 1999). I och med att Kvarken är grunt har undervattensmiljön goda ljusförhållanden, vilket gör den till ett gynnsamt område för växtlighet, som är viktigt för flera fiskarter som till exempel abborre (*Perca fluviatilis*) och gädda (*Esox lucius*) (EBSA 2019). Flador är grunda havsvikar som har bildats på grund av landupphöjningen, dessa områden är ytterst viktiga för fiskarnas reproduktion och lek (Kraufvelin et al. 2018). Smaltång (*Fucus radicans*) och blåstång (*Fucus vesiculosus*) bildar ett nyckelhabitat i Kvarken som främjar ett mångfaldigt artsamhälle och skyddar herbivorer från predation (Forslund et al. 2012). Smaltång, blåstång och blåmusslan (*Mytilus trossulus*) når sin nordligaste utbredningsgrad i Kvarken (Viitasalo 2017). Med klimatförändringen förväntas utbredningsgränsen för tangarterna *Fucus* spp. flytta söderut på grund av lägre salinitet.

Det finns flera olika naturskyddsområden i Kvarken såsom Natura 2000, HELCOM MPA:s (Marine Protected Areas) och viktiga områden för fåglar och biodiversitet samt tre Ramsar områden (Sundström 2005, Toivanen 2014). Kvarken har 25 av 91 naturtyper som hör till Natura 2000-nätverket, sju av dessa hör till de prioriterade naturtyperna (Ollqvist & Salomonson 2003), flador och glon är en av dessa. Statusen på huvudsakliga stora livsmiljöer, exempelvis circalitorala och infralitorala livsmiljöer med olika bottentyper, är i stort sett god i Kvarken (Korpinen et al. 2018). Kvarken har fyra ekologiskt betydelsefulla undervattensområden på den finska sidan; Rönnskäret, Revöfjärden, Mickelsöarna och Kvimofjärden (Lappalainen et al. 2020).

1.3 Klimatförändringen i Kvarken

I och med att området är grunt och har en unik geologi, natur och flera arter når sin utbredningsgräns där, är Kvarken känsligt för förändringar. Klimatförändringen förväntas orsaka noterbara förändring i Östersjöns havsströmmar, salinitet, havsnivå, havsis med mera (BACC I author team 2008, Andersson et al. 2015). Kvarken förväntas uppvisa variationer i bland annat salinitet och vattentemperatur i framtiden, som även förväntas skapa förändringar i det marina biologiska ekosystemet. Förändringen av ökad vattentemperaturen kommer att vara

störst under somrarna i Bottenhavet och Bottniska viken (Andersson et al. 2015) och den estimerade temperaturförändringen är + 4 celsiusgrader inom detta århundrade i norra Östersjön (Meier et al. 2012). Istäcket förväntas minska med 50–80 % vilket kommer att öka på öppna havsområden och leda till ökad våghöjd och vågintensitet på våren. Produktionen av fytoplankton och mängden algblomningar kommer att öka i alla Östersjöns bassänger (Andersson et al. 2015). Med de förutspådda potentiellt mer omfattande effekterna av klimatförändringen, och människans påverkan och aktiviteter kan Kvarken och dess marina ekosystem klassificeras som ett ”hot spot” område, där klimatförändringen kommer att visa tydliga förändringar i havets biologiska, kemiska och fysiska processer. Men, information och data om klimatförändringens och andra mänskliga aktiviteters effekter på marina ekosystem är ännu bristfällig (Andersson et al. 2015).

1.4 Klimatförändringens ekologiska effekter

Flera utvärderingar av klimatförändringens ekologiska effekter ger olika alternativ och svar, vilket i sin tur avspeglas i variationen i modeller och estimeringar (Neumann 2010, Wikner & Andersson 2012). Ökad landavrinning och minskat istäcke förutspås tidigarelägga vårens algblomning med en månad, landavrinningen medför högre mängder av alloktont organisk materia (AOM) vilket kommer att minska på siktdjupet och ljusförhållandet och möjligtvis primärproduktionen (Wikner & Andersson 2012). Eftersom högre havsvattentemperatur upptar mindre syre kommer syrehalten att minska samtidigt som ökad AOM gynnar heterotrofiska bakterier som kommer att leda till att syrehalten ytterligare minska på grund av högre bakteriell aktivitet (Andersson et al. 2015). Lägre salinitet kommer oundvikligen att påverka artsammansättningen, sötvattensarter gynnas och marina arter missgynnas. Exempelvis strömmingens (*Clupea harengus*) och blåmusslans (*M. trossulus*) nordligaste utbredning kommer att flytta sig söderut på grund av förändringar i salinitet. Vid sub-optimala förhållanden kan fisk och andra osmoregulatoriska organismer ha ökade energikostnader som påverkar deras storlek och reproduktionsförmåga (Illing et al. 2016).

1.5 Marin miljöövervakning i Finland

Marin miljöövervakning baserar sig på övervakningsprogrammet som första gången bildades 2014 och omfattade perioden 2014–2020. Den nya uppdaterade planen omfattar perioden 2020–2026 och medför sig Finlands miljömål för havsvården och kraven om en marin strategi enligt EU:s ramdirektiv (direktiv 2008/56/EG) (Ahlman et al. 2020).

Finlands övervakningsprogram utgår ifrån verkställandet av lagen om vattenvårds- och havsvårdsförvaltningen (272/2011) och statsrådets förordning om havsvårdsförvaltningen (980/2011). Dessa verkställer i sin tur EU:s ramdirektiv om en marin strategi (2008/56/EG). Den marina miljöövervakningen i Finland styrs av Miljöministeriet och koordineras och samordnas av Finlands miljöcentral. Närings-, trafik- och miljöcentralerna ansvarar i sin tur för övervakningen inom sina verksamhetsområden (enligt lagen om vattenvårds- och havsvårdsförvaltningen 272/2011). Provtagning och analys av data är i de flesta fall utlagt på entreprenad inom privata sektorn (A. Bonde, personlig kommunikation, 2021, 2 december).

Syftet med övervakningen av ytvattnen är att den skall ge en mångsidig helhetsbild av vattnens status (vattenvårds- och havsvårdsförvaltningen 272/2011). Indelningen av ytvattentyper, grunderna för klassificering av ytvattnen samt referensförhållanden för ytvattentyper beskrivs närmare i statsrådets förordning om vattenstatus. Den finska havsförvaltningsplanen är indelad i tre olika delar: 1) en inledande bedömning av havets tillstånd, miljömål och miljöns status, 2) det marina miljöövervakningsprogrammet och 3) ett åtgärdsprogram som innehåller åtgärder för att uppnå god ekologisk status i havet. Den marina miljöövervakningens övergripande syfte är att samla in data som används för bedömningen av havets tillstånd. Informationen som produceras från övervakningsprogrammet används i planeringen av åtgärdsprogrammet och som ett underlag för uppföljningen av havsvården och åtgärdernas effektivitet (Ahlman et al. 2020).

1.6 Färjförbindelsen Vasa – Umeå

Förutom Kvarkenområdets betydelse som följd av dess unika natur, är Kvarken även ett socio-ekonomiskt viktigt område. Trafiken mellan Vasa och Umeå förses av en färjförbindelse, med sex överfarter per vecka. Färjförbindelsen mellan Vasa och Umeå är viktig för den ”bottniska korridoren”, ett område för transport som sträcker sig från Norge till Ryssland och Baltikum.

Färjan utgör en viktig länk mellan Vasa och Umeå, där varor och människor kan transporteras (Kvarkenrådet 2018). Färjan opereras av Wasaline (NLC Ferry Ab Oy) och det nya fartyget heter M/S Aurora Botnia. Fartygstrafiken ökar rörligheten i området och främjar regionernas utveckling (Kvarkenrådet 2018). År 2012 togs ett beslut av städerna Vasa och Umeå att förnya förbindelsen, och NLC Ferry Ab Oy bildades för att operera rutten. Åren 2015 respektive 2019 bildades Kvarken Link Ab i Umeå och Kvarken Link Oy i Vasa. Tillsammans bildade de ett samföretag, Kvarken Link, mellan städerna Vasa och Umeå för att säkerställa finansieringen för ett nytt fartyg som skulle trafikera rutten (Kvarken Link u.å. a). Det nya fartyget M/S Aurora Botnia togs i bruk augusti 2021. Fartyget byggdes av Raumo Marine Constructions i Raumo med modern miljöteknologi. Exempelvis fartygets motorer är Wärtsiläs 31DF flerbränslemotorer, vilka kan drivas av antingen flytande naturgas (LNG) eller biogas. Det nya fartyget således minskar på bränslekonsumtionen och koldioxidutsläppen i Kvarkenområdet, jämfört med det gamla fartyget, M/S Wasa Express (Kalynaraman 2020).

1.7 Kvarkenfärjans affärsekosystem

Ett affärsekosystem beskriver vilka företag, organisationer och institutioner som deltar i att skapa och leverera det centrala företagets värde-erbjudande (Adner 2017). Varje medlem i ekosystemet påverkar eller påverkas i ekosystemet via olika interaktioner som samarbete, konkurrens eller som intressenter (Peltoniemi & Vuori 2004). Affärsekosystem grundar sig på centrala förmågor och kunskaper som tillsammans bildar en central produkt som konsumenten mottar (Moore 1993). Ett affärsekosystem kan sägas ha fyra livsstadier: uppkomst, expansion, föregångare, och till sist självförnyande eller nedgång (Moore 1993).

I detta fall är M/S Aurora Botnia och Wasaline det centrala företaget som erbjuder en miljövänligare och kortare alternativ av transport från Vasa till Umeå (Kvarken Link 2019). Operatören, leverantörerna (bränsle och teknologi) och hamnarna samt dess service är viktiga aktörer i att leverera värde-erbjudandet. Nationella och regionala intressenter kan vara lokala Närings-, trafik- och miljöcentral (NTM), Forsstyrelsen, samt Vasa och Umeå stad (Peltoniemi & Vuori 2004). Även andra aktörer är viktiga för affärsekosystemets värde-erbjudande som kan ge mervärde, exempelvis är turism- och fritidsindustrin viktig för affärsekosystemet samt för hela Kvarken området. Turism och naturturism har avsevärd betydelse för Kvarken och dess kommuner. I hållbart företagande möts socio-kulturella, ekonomiska och ekologiska

dimensionen där det unika världsarvsområdet och dess små och medelstora företag är centrala delar (Berg et al. 2014). Den nya färjan kan möjligtvis förnya och förstärka transporttjänsterna i Kvarken och den regionala utvecklingen i Vasa och Umeå samt förstärka socioekonomin i området och mellan länderna (Westin & Westin 2016).

1.8 Begreppen kolhandavtryck och miljöfotavtryck

Med begreppet *kolhandavtryck* avser man den positiva och fördelaktiga effekten en produkt kan ha på miljön genom att minska på kolfotavtrycket i en organisation eller individ (Grönman et al. 2019). Miljöbedömningar och livscykelanalyser (LCA) mäter och fokuserar på produktens negativa effekter på miljön, det vill säga på fotavtrycket. Dessa bedömningar kontrolleras och mäts enligt omfattande standarder för LCA (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006), för kolfotavtryck (ISO, 14067, 2018) och för vattenfotavtryck (ISO 14046, 2014) (Grönman et al. 2019). Ett handavtryck kan bildas genom olika mekanismer som minskar på koldioxidutsläppen (Grönman et al. 2019), och dessa mekanismer kan exempelvis vara följande:

- Effektivare och miljövänligare användning av råvaror. Substituering av icke förnybara material med förnybara.
- Användning av förnybar energi och öka på energieffektiviteten.
- Minska på avfall, öka på återanvändning, återbruk eller återtillverkning.
- Öka produktens livslängd.
- Bidra till kolbindning.

För att beräkna kolhandavtrycket bör man identifiera vad som jämförs. För att vara konsekvent i beräkningarna skall båda produkterna, i det här fallet det gamla och det nya fartyget uppfylla samma funktion, användas i samma geografiska region, och analysen skall vara konsistent med bra datakvalitet. För att kommunicera produktens positiva effekter på miljö och ekonomi bör man vara aktsam för att undvika grönmålning (Grönman et al. 2019). För företag är handavtrycksmetodologin ett sätt att utvidga deras omfattning inom hållbarhet (Behm et al. 2016). Kolhandavtrycks metodologin kan användas för marknadsföring och kommunikation,

den kan även erbjuda information för intressenter och beslutstagare samt identifiera möjligheter för att förbättra och utveckla klimat presterande (Pajula et al. 2018).

Kolfotavtrycket är ett mått på den totala mängden koldioxid som bildas direkt eller indirekt av en aktivitet utförd av människor. Dessa aktiviteter omfattar individer, populationer, företag och hela industrier etc. (Wiedmann & Minx 2008). Det finns andra mått på fotavtryck, exempelvis det ekologiska fotavtrycket som kvantifierar belastningen på naturen och miljön som bildas av en population (Wackernagel & Rees 1998). Ett *miljöfotavtryck* är ett paraplybegrepp som omfattar alla mått av fotavtryck som har uppstått under de senaste två decennierna för att kvantifiera de totala mänskliga effekterna på miljön (Hoekstra & Wiedmann 2014).

2. Syfte och frågeställningar

Kvarken är således ett intressant område för såväl analys och studier av klimatförändringen och dess påverkan på den marina miljön, som en förnyelse av ett maritimt affärsekosystem. Mer specifikt möjliggör den nya färjan studier om hur affärsekosystemet och det marina ekosystemet kan länkas ihop för en integrerad marin övervakning i ett område känsligt för klimatförändring. Med metodologin för kolhandavtryck kan man kalkylera det ”goda” som den nya färjan medför, samtidigt som den eventuellt kunde fungera som ett sätt att införa ett beaktande av det marina ekosystemet, dess biodiversitet och förändring under klimatförändringen i affärsplaner och strategier. Biodiversitet i sig har högt ekonomiskt värde och är grunden för ett välmående biologiskt ekosystem. Direktiv och lagar såsom Konvention om Biologisk Mångfald (CBD) förstärker behovet av att skydda och bevara biodiversiteten. Kraven i både CBD och EU:s Marina direktiv, det så kallade Marine Strategy Framework Directive (Eng., MSFD), är en ekosystembaserad förvaltning och planering av våra havsområden (Meiner 2010). Ekosystembaserad förvaltning tar i beaktande den ekologiska aspekten och dess växelverkan med sociala och ekonomiska dimensioner (Laurila-Pant et al. 2015). Ytterligare ett rättesnöre för den maritima industrin är EU:s holistiska program vid namn Integrerad Marin Politik (IMP), med målet att kunna öka på utnyttjningsgraden av havets resurser och minska på de negativa effekterna på miljön (Meiner 2010). IMP omfattar flera olika maritima industrier och sektorer såsom fiskerier, akvakultur, sjöfart, hamnstäder, havsmiljö och havsforskning samt vindkraft (Meiner 2010).

Under avhandlingsarbetet har Wasalines nya färja Aurora Botnia tagits i bruk i augusti 2021 (Kvarken Link u.å. b) och den gamla färjan Wasa Express har sålts vidare (Kvarken Link 2020).

För att ekosystem-baserad förvaltning och planering skall kunna utföras, behöver man relevanta metoder för datainsamling, övervakning och bedömning för våra hav och marina ekosystem (Meiner 2010). Frågan är huruvida färjförbindelsen och den nya färjan mellan Vasa och Umeå kan vara ett sätt att svara på frågor om klimatförändringens effekter i Kvarken genom att integrera det marina ekosystemet i affärsplanen och strategin, och således vara en modellev inom sin industri?

Avhandlingens övergripande syfte är att utvärdera huruvida den nya Kvarken-färjans affärs ekosystem kan länkas samman med övervakningen av och kunskapen om det marina ekosystemet i området, för att kunna öka förståelsen av klimatförändringen i Kvarken. Mer specifikt är avhandlingens frågeställningar och hypoteser följande:

1. Vilka variabler samlas in spatialt och temporalt i Kvarkenområdet och på vilket sätt sparas och görs data tillgängligt?

Hypotes: Datainsamlingen av förändringarna i det marina ekosystemet länkade till klimatförändringen i Kvarken är bristfällig och mera *in situ* datainsamling behövs.

För att svara på denna fråga sammanställs den marina miljöövervakningen och datainsamlingen i området med fokus på möjligheten att *in-situ* följa effekter av klimatförändringen.

2. Vad är den gamla färjans respektive nya färjans miljöeffekter?

Hypotes: Wasalines gamla fartyg M/S Wasa Express miljöeffekter är betydelsefullt högre jämfört med Aurora Botnia.

För att svara på denna fråga evalueras färjans miljöeffekter utgående från relevant material.

3. Kan metodologin för kolhandavtryck vara ett sätt att länka samman övervakning av det marina ekosystemet och Kvarkenfärjans affärs ekosystem?

Hypotes: Metodologin är ett sätt att länka ihop marin övervakning av marina ekosystemet och Kvarkenfärjans affärs ekosystem.

För att svara på denna frågeställning utvärderas huruvida kolhandavtryckets metodologi kan vara ett sätt att länka samman det marina ekosystemet och affärsekosystemet för förbättrad *in situ* kunskap om klimatförändringen i Kvarkenområdet med hjälp av det insamlade informationen i fråga 1) och 2).

3. Material och metoder

3.1 Studieområde

Studieområdet för sammanställning av den marina miljöövervakningen och datainsamlingen begränsades till samma område som i forskningsprojektet SeaGIS 2.0 (Seagis 2.0 u.å.). Havsområdet sträcker sig mellan Västerbotten och Västernorrland på Sveriges sida, och Österbotten till Mellersta Österbotten på Finlands sida (Nordberg & Petterson 2018). I affärsekosystemanalysen avgränsades studieområdet till företag som direkt förhandlar med Wasaline och hamnarna Vasa och Umeå. Avhandlingen fokuserar mest på den finska sidan av studieområdet.

3.2 Datainsamling om marin miljöövervakning i studieområdet

Insamlingen av data om den marina miljöövervakningen utfördes genom att kartlägga materialet i internationella och nationella databaser såsom olika myndigheters databaser (Tabell 1). De databaser som användes för sammanställning av spatial och temporal data om den marina miljöövervakningen i studieområdet upprätthålls av EMODnet (The European Marine Observation and Data Network 2021), Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (Sharkweb 2020), HELCOM kart- och dataportal (HELCOM Map and Data Service n.d), Finlands miljöcentral (SYKE Avoin tieto 2021), HERTTA-portalen upprätt av SYKE, och karttjänsten i SeaGIS 2.0 projektet (Seagis 2.0 n.d).

3.3 Kartanalys av övervakningsstationer och kartläggning av datainsamlingen i studieområdet

En kartanalys och visualisering av övervakningsstationerna som används för marin miljöövervakning i studieområdet utfördes i ArcMap (ArcGIS 10.8). Övervakningsstationerna visualiserades i ArcMap i fyra kartsikt med data från Närings-, trafik- och miljöcentralens (NTM) marina miljöövervakning i Finland, Sveriges marina miljöövervakning samt forskningsfartygen Arandas och Alg@lines övervakning (Tabell 1). Den förekommande satellitövervakningen ingick inte i kartanalysen eftersom övervakningen med satelliter inte baserar sig på fasta övervakningsstationer på ytan.

Övervakningsstationernas kvalitetsfaktorer, övervakningsfrekvens och läge inkluderades i analysen (Figur 2–6, Tabell 2 & 3). Färjetrafiken och fartygsrutterna i studieområdet illustrerades med AIS-data (Automatic Identification System) från HELCOM:s kart- och dataportal. Övervakningsdata och kartsikt för Finland och Sverige hämtades från Finlands miljöcentralens öppna dataportal, Vatteninformationssystem Sverige (VISS), HELCOM MAP SERVICE och SHARK web. Naturskyddsområden (HELCOM MPAs) och Natura 2000 områden, områden med högt naturvärde (EMMA-områden) samt EBSA (Ecologically or Biologically Significant Marine Areas) områden inkluderades även i kartanalysen (Figur 6).

Ytterligare sammanfattades övervakningsstationernas läge, mättningsfrekvens och kvalitetsfaktorer i tabellformat (Tabell 2 & 3). Förekommande undervattens-Natura naturtyper, Natura 2000 naturskyddsområden och värdefulla undervattensområden (Lappalainen et al. 2020) jämfördes med övervakningsstationernas läge. Totalt sex undervattens- Natura naturtyper användes (Airaksinen & Karttunen 2001). Övervakningsstationernas utbredning enligt naturtyper beskrivs i en tabell (Tabell 3). Datainsamlingen inom affärsekosystemet kartlagdes genom diskussioner med aktuella aktörer.

Tabell 1. Använda databaser för respektive kartsikt.

Kartsikt	Databas
NTM-centralens miljöövervakningsstationer	Hertta portalen, HELCOM:s karttjänst & SYKE öppet data
Forskningsfartyg Aranda	SYKE öppet data & HELCOM:s karttjänst
Alg@line	HELCOM:s karttjänst
Sveriges miljöövervakningsstationer	VISS & SharkWeb
AIS data	HELCOM:s karttjänst
Naturskyddsområden, Natura 2000, EMMA områden, EBSA och Naturtyper	SYKE öppet data & HELCOM:s karttjänst

3.3.1 Kartläggning av de finska övervakningsstationerna

Data om de finska övervakningsstationerna erhöles från HERTTA databasen som upprätthålls av Finlands miljöcentral samt från Södra Österbottens Närings-, trafik- och miljöcentral. Övervakningsstationernas uppföljningsperiod begränsades till åren 2016–2021 (uppföljningsperioderna 2016–2018 och 2019–2021) för att få den mest aktuella bilden av övervakningen i studieområdet med de senaste övervakningsstationerna som är med i Finlands övervakningsprogram. Övervakningsstationerna indelades enligt övervakningsmetod till Södra Österbottens NTM-centralens övervakningsstationer, Alg@line-stationer och forskningsfartyget Arandas stationer. NTM-centralens övervakningsstationer delades ännu mellan vanliga övervakningsstationer och intensivstationer. Övervakningsstationer som hör till ett samkontrollprogram undersöktes i området. Kvalitetsfaktorerna begränsades till kemiska och fysiokemiska allmänna kvalitetsfaktorer, bottenfauna, växtplankton och makrofyter.

3.3.2 Kartläggning av de svenska övervakningsstationerna

Data gällande de svenska övervakningsstationerna i området samlades in från Vatteninformationssystem Sverige (VISS). Övervakningsstationerna begränsades till kust och hav och till kommunerna Umeå, Skellefteå, Örnsköldsvik och Nordmaling i enlighet med projektet SeaGIS 2.0 (SeaGIS 2.0 u.å.). Bara aktiva övervakningsstationer valdes.

Kvalitetsfaktorerna som övervakningsstationerna uppföljer valdes för att vara jämförbara med de finska kvalitetsfaktorerna. Kvalitetsfaktorerna var plankton, bottenfauna, makrofyter, makroalger, näringsämnen, ljusförhållanden, syrgasförhållanden och försurning.

3.4 Diskussioner med Södra Österbottens Närings-, trafik- och miljöcentral, Finlands miljöcentral och Wasaline

För att få en klarare helhetsbild av den marina övervakningens status och framtidsutsikt, samt diskutera möjliga sätt att länka miljöövervakningen och affärsekosystemet Aurora Botnia genomfördes diskussioner med såväl Södra Österbottens Närings-, trafik- och miljöcentral, Finlands miljöcentral och Wasaline.

En mer omfattande intervju per Zoom utfördes med personal vid NTM-centralen, där frågorna (se Bilaga 1) indelades i tre kategorier: 1) Marina miljöövervakningen i kust och hav 2) Övervakningsaktörer och 3) Framtidsutveckling.

Möjligheterna för utvecklingen av marin miljöövervakning med Aurora Botnia och användningen av FerryBox mätningssystem, det vill säga automatiskt mätningssystem som används i färjor för passiv mätning av olika parametrar (ex. temperatur, klorofyll-a) från havet, kartlagdes i diskussionerna med Finlands miljöcentral. En förfrågan om intervju kring färjans affärsekosystem, miljöeffekter, datainsamling och hållbarhet sändes till Wasaline och Wärtsilä. Diskussioner med Finlands miljöcentral, Wasaline och Wärtsilä utfördes via e-post.

3.5 Kartläggning av Wasalines affärsekosystem

Affärsekosystemet analyserades, karterades och visualiserades enligt Ecosystem Pie Model (EPM) som presenterades i Talmar et al. 2020. I EPM analyserades varje aktörs egenskaper (resurser, aktiviteter, värdetillägg och värdeerbjudande). Aktörerna och värdeerbjudandet bestämdes enligt Wasalines perspektiv. Aktörerna begränsades till geografiskt läge, och viktiga aktörer för Wasalines operativa verksamhet valdes.

Wasalines affärsekosystem evaluerades och analyserades med hjälp av information tillgänglig via Wasalines, Kvarken Links, Kvarkenhamnar aktiebolag Ab och Wärtsiläs hemsidor. Värdeerbjudandet för affärsekosystemet studerades utgående från Wasalines och Kvarken Links perspektiv där Aurora Botnia identifierades som en skild aktör för att understryka färjans roll inom affärsekosystemet.

3.6 Kolhandavtrycksmetodologin och tillämpning

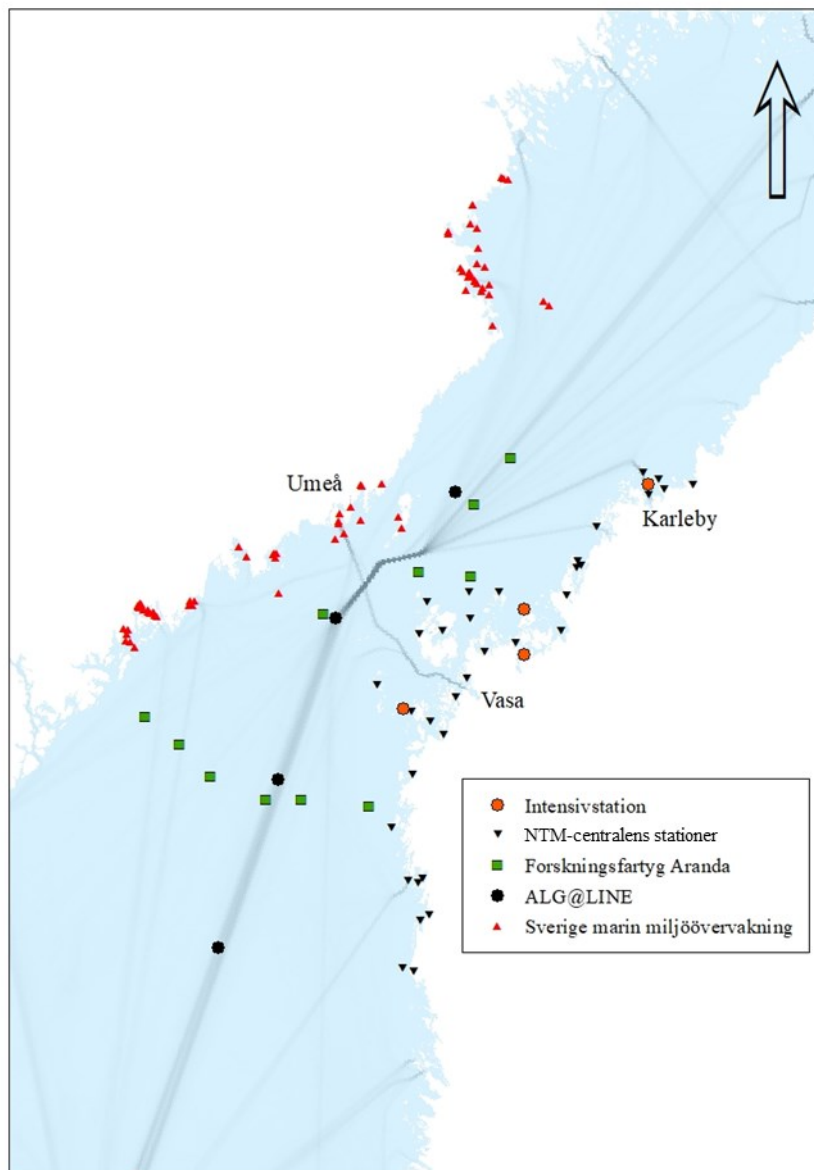
I den kvalitativa analysen av Aurora Botnias kolhandavtryck användes metodologin som presenteras i Pajula et al. 2018 (Carbon handprint guide). Metodologin representerades i en tabell enligt ramverket som presenteras i Pajula et al. 2018 (Carbon handprint guide). I tabellen identifierades olika komponenter och produkter som bildar koldioxidutsläpp i färjan samt den funktionella enheten för kalkylering av kolfotavtrycket. Produktens användare, eller kunder, valdes enligt Wasalines huvudsakliga kundbaser och Affärsekosystemmodellen (kap. 3.4). Kolhandavtrycksprodukterna var Bränsle (LNG eller LBG) och Aurora Botnias skrovform eftersom de anses bidra mest i kolhandavtrycksbildningen (Wasaline, personlig kommunikation 15.12.2021). Den funktionella enheten var CO₂ ekvivalent av bensintank till propellern (kg/voyage) och valdes enligt Brynolf et al. 2014 för att begränsa koldioxidutsläppen till färjans egen operativa verksamhet. Systemgränserna bestämdes enligt riktlinjerna i ISO 14040–44 (ISO 14040:2006) (Lee & Inaba 2004). Formeln för beräkning av kolhandavtrycket presenterades enligt Pajula et al. 2018. Produktens standardvärde bestämdes enligt alternativa produkter som erbjuder samma värdeerbjudande eller fyller samma funktion (Kvarken presentation & Tillman et al. 1994) som Wasalines Aurora Botnia.

4. Resultat

4.1 Marina miljöövervakningsstationer i studieområdet

I hela studieområdet finns det totalt 130 övervakningsstationer (Figur 2). I studieområdet finns det 11 övervakningsstationer som ingår i forskningsfartyget Arandas, och därmed Finlands miljöcentrals övervakning, 38 NTM-centralens övervakningsstationer av vilka fyra är intensivstationer, 77 övervakningsstationer på den svenska sidan och fyra Alg@line-

provtagningsstationer. De mest förekommande kvalitetsfaktorerna i övervakningsstationerna är näring, siktdjup och syreförhållanden (Tabell 2 & 3).

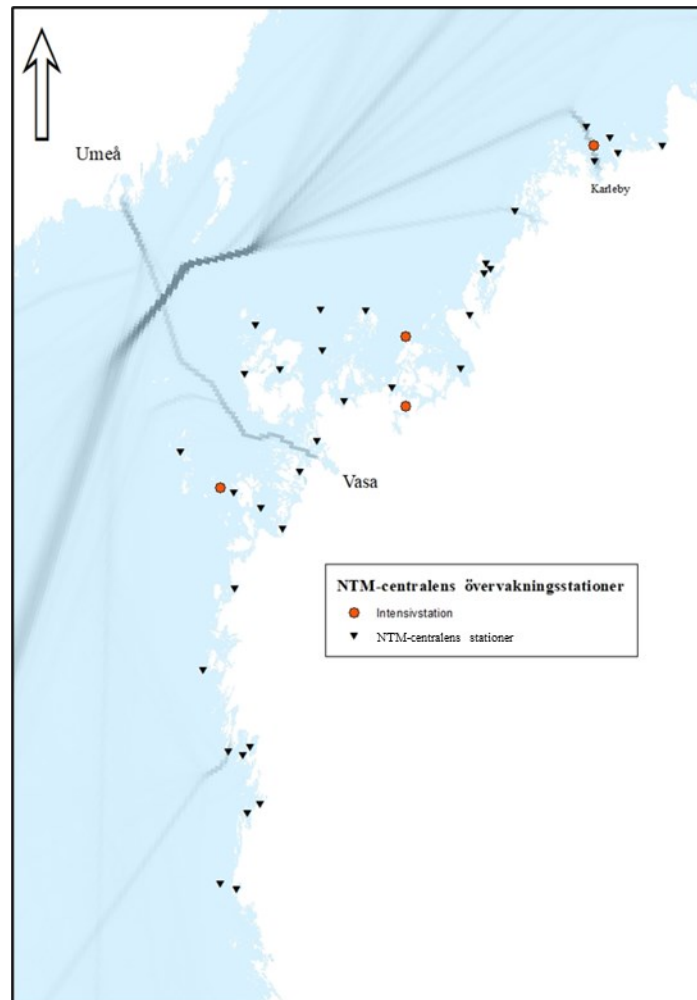


Figur 2. Alla övervakningsstationer i studieområdet. Intensivstationerna är NTM-centralens övervakningsstationer som har övervakning 12–16 gånger i året.

4.1.1 Södra Österbottens NTM-centralens övervakningsstationer i studieområdet

Totalt inom Södra Österbottens NTM-centralens ansvarsområde finns det 38 stationer (Figur 3), med den nordligaste stationen utanför Jakobstad och den sydligaste stationen söder om Sideby. Provtagningen på stationerna görs manuellt och provtagningsmetoden varierar enligt

kvalitetsfaktorerna och stationernas läge längs skärgårdsgradienten. Provtagningen görs av utomstående aktörer och företag (A. Bonde, NTM-central, personlig kommunikation 2.12.2021).



Figur 3. Södra Österbottens Närings-, trafik- och miljöcentralens övervakningsstationer.

Under uppföljningsperioden 2016–2018 fanns det totalt 30 aktiva övervakningsstationer inom Södra Österbottens NTM-centralens ansvarsområde. Av vilka 16 stationer i undersökningsområdet hörde till den kontrollerande övervakningen, det vill säga övervakningsstationer som bedömer ytvattens allmänna status (Ahlman et al. 2021). Resterande 14 övervakningsstationer hörde till den operativa övervakningen, det vill säga stationer som undersöker mänskliga aktiviteter effekter och punktbelastningar (Ahlman et al. 2021). Av alla stationerna ingick fem även i ett kontrollprogram utfört av företag.

Under uppföljningsperioden 2019–2021 ökade antalet övervakningsstationer till 38 stycken, varav 22 stationer hörde till den kontrollerande övervakningen och 16 stationer hörde till den operativa övervakningen. Av Södra Österbottens NTM-centralens övervakningsstationer är fyra så kallade intensivstationer. Tre av dem finns i Kvarkens skärgård och en är utanför Karleby, deras övervakningsintensitet är 12–16 gånger per år (Figur 3 & Tabell 1). Inga stationer är automatiska.

Kvalitetsfaktorn klorofyll-a har stor variation i övervakningsfrekvenserna mellan de två övervakningsperioderna 2016–2018 och 2019–2021. Klorofyll-a provtogs vid 29 övervakningsstationer under perioden 2016–2018 (Tabell 2) men bara vid sex stationer under 2019–2021 och datainsamlingen av klorofyll-a i studieområdet är bristfälligt (A. Bonde, NTM-central, personlig kommunikation 2 december, 2021 & Korpinen et al. 2018). Södra Österbottens NTM-centralens stationer uppföljer sammanlagt sex olika kvalitetsfaktorer där ”QE3-1 Kemiska och fysiokemiska allmänna kvalitetsfaktorer” är den mest förekommande och övervakas på 37 stationer (Tabell 2). Den mest förekommande kvalitetsfaktorn för QE3-1 har i medeltal 4,5 övervakningsgångar per år med en median på tre gånger per år. Övervakningen av växtplankton i innerskärgården och data om hydrografiska förändringar på grund av mänsklig verksamhet är bristfälligt (A. Bonde, NTM-central, personlig kommunikation 2 december, 2021). Vattenprovdata utgör största delen av NTM-centralens övervakning. Övervakningstidserierna varierar mellan stationerna, men de äldsta stationerna är från 1899, och den hör till samkontrollprogrammet EPOELY 2020:1456, för uppföljningen av punkt- och diffusbelastning (Kap 4.1.1.1).

4.1.1.1 Samkontrollprogrammet i Vasa

I Vasa finns det ett separat så kallat ”Samkontrollprogram”, där åtta olika företag ingår och som samordnat uppföljer miljöeffekterna av företagens verksamheter vid sammanlagt 22 övervakningsstationer. Av samkontrollprogrammets övervakningsstationer ingår fem även till NTM-centralens övervakningsstationer medan resten inte används för marin miljöövervakning av NTM-centralen.

Samkontrollprogrammet utanför Vasa har åtta företag i programmet: Vaasan Vesi, Kemira Oyj, Vaskiluodon Voima Oy, Vaskiluoto 2, PVO-Huippuvoima Oy, Vaskiluoto 3, Wärtsilä Finland Oy; Engine Laboratory, Delivery Centre Vaasa, Vaskiluoto Engine Laboratory och Kvarken

Ports ltd. (före detta Vasa Hamn) (EPOELY 2020:1456 & Käkränen 2019). Provtagningen i programmet uppföljer punktbelastningen från företagets verksamheter, det vill säga utsläpp, såsom dagvatten och avkylningsvatten, och deras miljöeffekter. I programmet finns det 20 övervakningsstationer nära belastningsområdena (EPOELY 2020:1456). Kvalitetsfaktorer som uppföljs är: kemiska och fysiokemiska allmänna kvalitetsfaktorer, växtplankton, bottenfauna, skadliga och farliga ämnen, sediment och eutrofiering (EPOELY 2020:1456). Provtagningen av vattenprov sker fyra gånger per år, medan provtagningen för de andra kvalitetsfaktorererna varierar, exempelvis var femte år utförs en omfattande bottenfaunaövervakning (EPOELY 2020:1456).

Tabell 2. Kvalitetsfaktorerna i kustövervakningsstationerna på den finska sidan av Kvarken och antalet NTM-centralens övervakningsstationer i varje kvalitetsfaktor samt fördelningen av stationerna mellan övervakningsfrekvens och rotation, inom parenteser mängden stationer med samma frekvens/rotation. Exempel: 2/3 (10) betyder att tio stationer övervakas två gånger var tredje år.

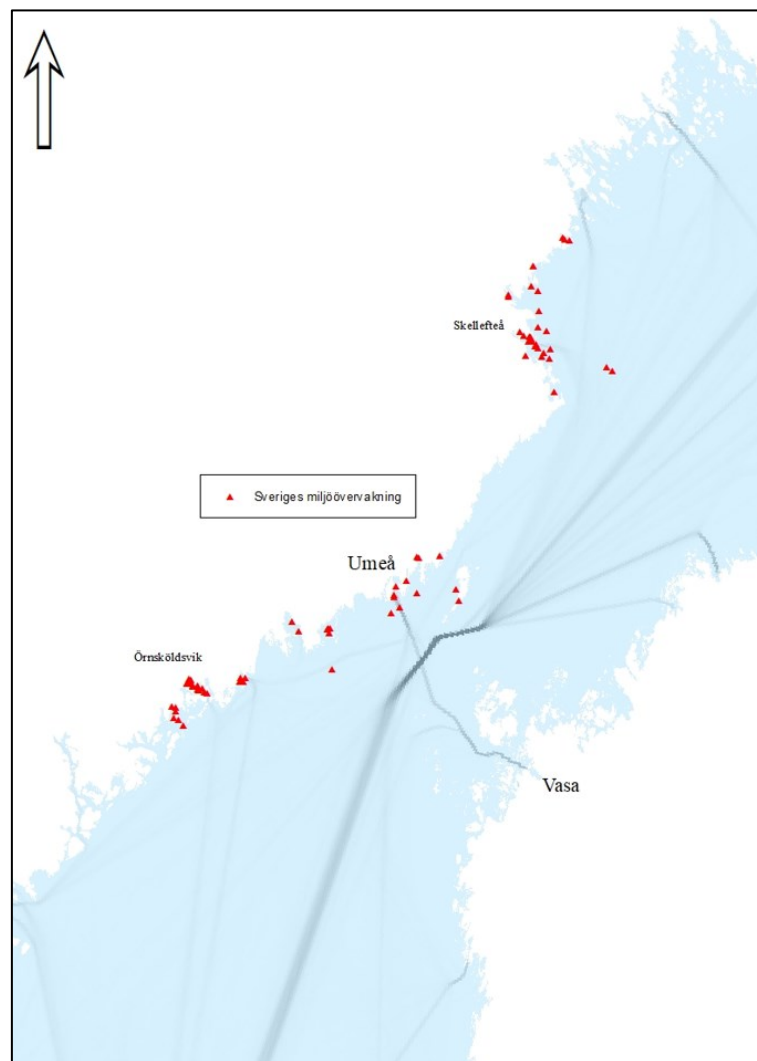
Kvalitetsfaktor FIN	Namn	Södra Österbottens NTM övervakningsstationer	Frekvens /Rotation
QE1-1-1	Växtplankton sammansättning, abundans och biomassa	16	1/1 (8), 14/1 (1) 2/1 (4), 2/3 (1) 2/6 (1), 4/1 (1)
QE1-1-2	Klorofyl-a	29	1/1 (10), 16/1 (1) 2/1 (5), 3/1 (7) 3/3 (1), 4/1 (1) 14/1 (2), x/x (2) *
QE1-2-1	Makrofyter (<i>Fucuoider</i>)	2	1/1 (1), 1/6 (1)
QE1-3	Bottenfauna sammansättning, abundans och diversitet	21**	1/1 (2), 1/3 (12) 1/6 (6), x/x (1) *
QE1-3-2	Bottenfauna, djup	6	1/6 (4), 1/1 (1) x/1 (1) *
QE3-1	Kemiska och fysiokemiska allmänna kvalitetsfaktorer (syrehalt, näringshalt, salthalt, pH, alkalinitet, temperatur och siktdjup).	38	2/1 (11), 3/1 (11) 4/1 (8), 16/1 (3) 5/1 (1), 12/1 (1), 7/1 (1), 6/1(1)

* Stationer som saknar frekvens- och/eller rotationsdata.

** Alla stationer hör till uppföljningsperioden 2016–2018, inga stationer på uppföljningsperioden 2019–2021.

4.1.2 Marin miljöövervakning på den svenska sidan av studieområdet

Totalt 77 aktiva stationer identifierades på den svenska sidan med den nordligaste stationen belägen norr om Skellefteå och sydligaste söder om Örnsköldsvik (Figur 4). Av övervakningsstationerna hör 63 till ett recipientkontroll- eller samordnat recipientkontrollprogram. Resterande övervakningsstationer hör till regional, kommunal eller nationell övervakning. Totalt 33 stationer hör till kontrollerande övervakningsprogram varav 11 även har operativ miljöövervakning, medan resten saknar klassificering.



Figur 4. Övervakningsstationerna på den svenska sidan av studieområdet

17 stationer hör till Kvarkens havsområde. Mest förekommande kvalitetsfaktor är näringsämnen (Tabell 3), därefter var det ljus- och syreförhållanden (Tabell 3). Utanför Umeå,

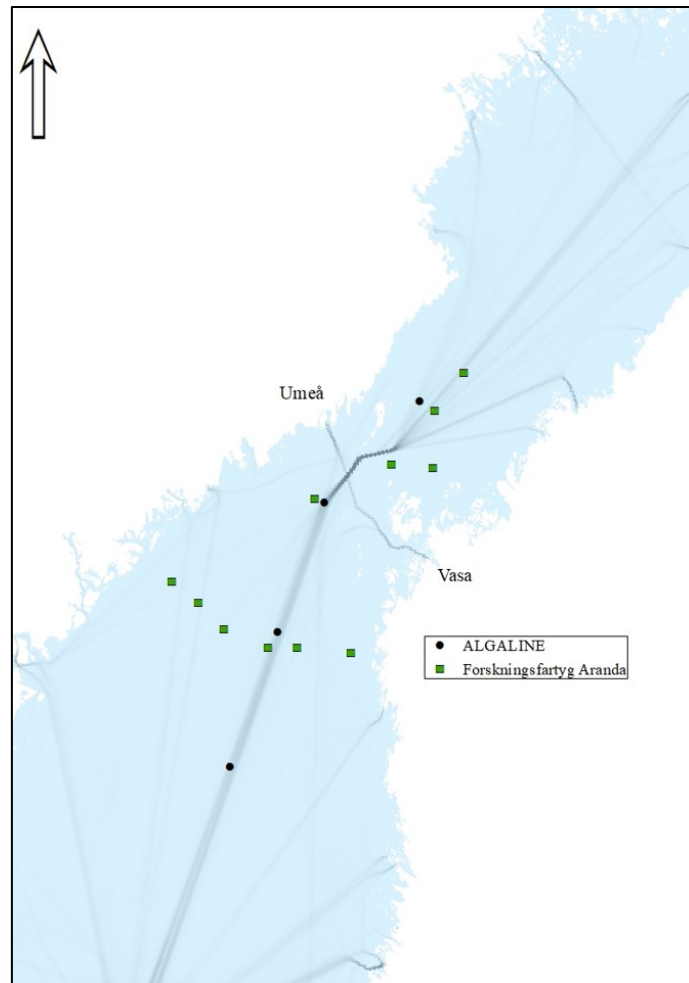
Skellefteå och Örnsköldsvik finns det högst antal stationer och flesta hör till ett recipientkontrollprogram.

Tabell 3. Antal övervakningsstationer per kvalitetsfaktor i övervakningsstationerna i Sverige.

Kvalitetsfaktor	Namn	Antal övervakningsstationer
QE_PHYTO	Växtplankton	27
QE_BEN_INV	Bottenfauna	11
QE_MCPHYTE	Makrofyter	0
QE_MC_ALGE	Makroalger och gömfröiga växter	0
QE_NUTRIEN	Näringsämnen	55
QE_TRANSP	Ljusförhållande	43
QE_OXYCOND	Syrgasförhållande	43
QE_ACIDIFI	Försurning	23

4.1.3 Forskningsfartyget Arandas övervakning och Alg@line-övervakningen

I studieområdet har Finlands miljöcentrals forskningsfartyg Aranda 11 övervakningsstationer, sex i Bottenhavet, tre i Kvarken och två i Bottenviken (Figur 5). Den mest förekommande provtagningsfrekvens av Arandas övervakningsstationer är en gång per år. Åtta stationer har provtagning en gång per år, två stationer har tre gånger per år och en station har två gånger per år. De övervakade vattenparametrarna är temperatur, salinitet, siktdjup, syrehalt, svavelväte, pH och alkalinitet.

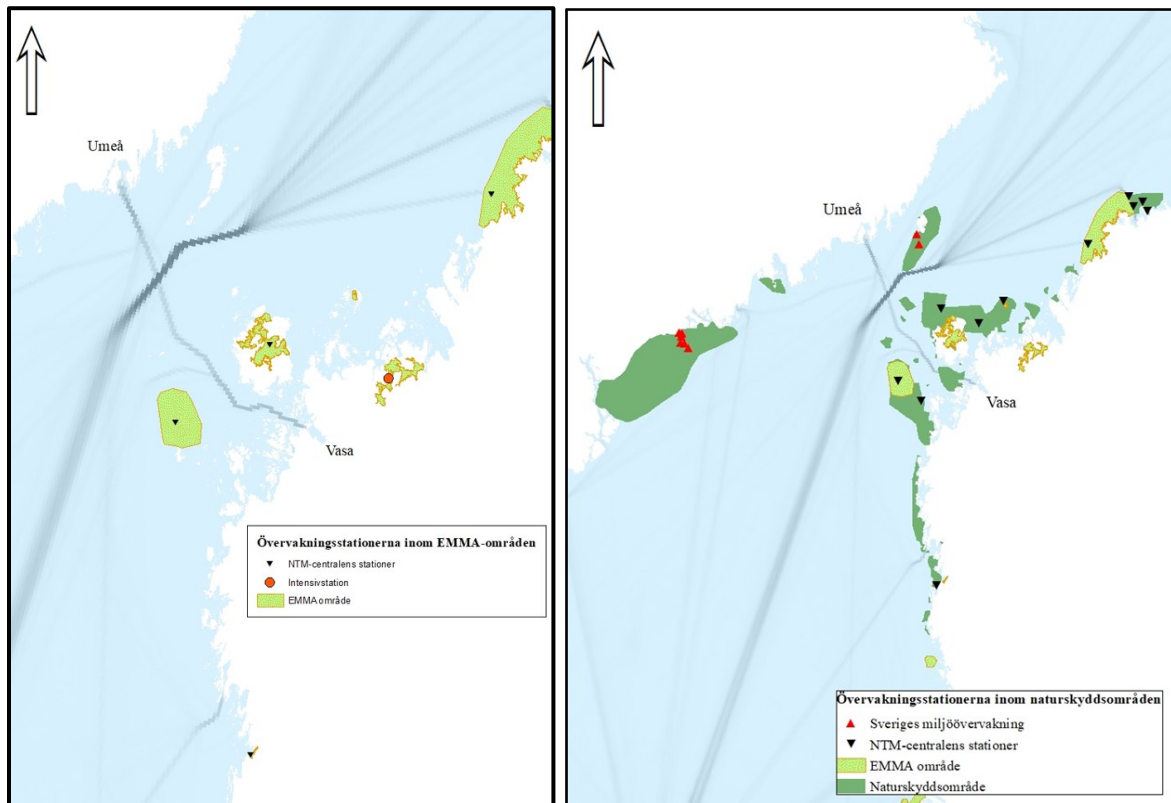


Figur 5. Övervakningsstationerna för Alg@line och forskningsfartyget Aranda

Alg@line-övervakningen i studieområdet utförs ombord på fartyget M/S Tavastland och upprätthålls av Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), fartyget opererar rutten Göteborg - Kemi - Uleåborg - Lübeck - Göteborg varje vecka. Övervakningen sker genom ett FerryBox mätningssystem som installerats i fartyget. Fartyget kan ta upp till 24 vattenprover automatiskt längs sin hela rutt och fyra av provtagningspunkterna finns i studieområdet (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut 2022). Fartyget gör också automatiska mätningar av vatten och luft var 20:e sekund. Resultaten på de automatiska mätningarna skickas varje timme via satellit. Data delas mellan Östersjöländerna och skickas till Baltic Operational Oceanographic System (BOOS).

4.1.4 Naturskyddsområden, EMMA-områden och naturtyper

Inom den finska sidan av studieområdet finns det flera stora ekologiskt betydelsefulla marina undervattensmiljöer (EMMA-områden). Det största området finns i Larsmo skärgård med en area på 332,2 km². Inom EMMA-områdena finns fem övervakningsstationer. Inom naturskyddsområdena finns det fem stationer och inom Kvarkens UNESCO världsarvsområde finns det fem stationer.



Figur 6. NTM-centralens övervakningsstationer inom ekologiskt betydelsefulla marina undervattensmiljöer (EMMA) och på vänster övervakningsstationerna inom EMMA och naturskyddsområden.

På den svenska sidan finns åtta stationer inom naturskyddsområden. Det största naturskyddsområdet finns inom världsarvsområdet Höga Kusten och har sex stationer.

Den mest förekommande naturtypen inom studieområdet är rev (Tabell 4) med 22 av NTM-centralens 38 övervakningsstationer och tre av Arandas 11 mätstationer, samt åtta av Sveriges övervakningsstationer. Den minst förekommande naturtypen i hela studieområdet är sublitorala sandbankar med bara två övervakningsstationer i hela studieområdet och båda är på den svenska sidan (Tabell 4). Övervakningsstationerna på den svenska sidan är mest placerade nära städer

och vikar (Kap 4.2), och de mest förekommande naturtyperna är ”stora grunda vikar och sund” och ”estuarier” med 19 övervakningsstationer i båda naturtyperna (Tabell 4).

Tabell 4. Antal övervakningsstationer i Natura naturtyp. FIN kust syftar på NTM-centralens kustövervakningsstationer och SWE kust på Sveriges alla övervakningsstationer.

Natura habitat	Aranda	Alg@line	FIN kust	SWE kust
Rev	3	0	22	8
Kustnära laguner	0	0	7	3
Stora grunda vikar och sund	0	0	3	19
Skär och små öar i Östersjön	0	0	9	13
Estuarier	0	0	5	19
Sublitorala sandbank	0	0	0	2

4.2 Övervakningsstationernas täthet

Finlands marina miljöövervakningsstationer

Den högsta tätheten av övervakningsstationer fanns utanför Vasa, Karleby och Kristinestad. Tätheten minskar med distans från kusten. Övervakningstätheten jämfört med AIS data minskar med distans från Vasas hamn längs med farleden. Längsta avståndet från den närmaste stationen var i Norrnäsfjärden med ett avstånd på 23 kilometer till nästa station utanför Kaskös hamn. Det kortaste avståndet mellan stationer är utanför Nykarleby där avståndet mellan tre stationer är 1,9–2,2 kilometer. Medelavståndet till närmaste station är 8,7 kilometer.

Sveriges marina miljöövervakningsstationer

Sveriges högsta täthet av övervakningsstationer är i Skellefteå och Örnsköldsvik där stationerna hör till ett recipientkontrollprogram som övervakar Skellefteåbukten, Skellefteå hamnområde och Örnsköldsvik. Stationen med längsta avstånd till nästa station är utanför Nordmaling i Södra Kvarkens kustvatten med ett avstånd på 15 kilometer till den närmaste stationen. Medelavståndet till närmaste station är 2,2 kilometer. 31 stationer är under en kilometer från närmaste station.

4.3 Wasalines affärsekosystem

I analysen av Wasalines affärsekosystem identifierades sammanlagt 7 aktörer (Figur 7). Aktörerna representerar antingen ett företag eller en grupp av företag eller aktörer. EPM identifierar alla aktörers resurser, aktiviteter, värdetillägg, beroendeförhållanden, hur värdet fångas i affärsekosystemet och det centrala värde-erbjudandet.

Städerna Vasa och Umeå bär på den största ekonomiska risken. De äger Kvarken Link, NLC Ferry och Aurora Botnia samt Kvarkenhamnar Aktiebolag Ab. Kvarkenhamnar Aktiebolag Ab innefattar både Vasa och Umeå hamn (Kvarken Ports u.å.). I Aurora Botnia har flera av Wärtsiläs teknologier installerats, såsom Wärtsiläs 31DF motorer och Nacos Platinum navigeringssystem (Kvarken Link u.å. b). Wärtsilä identifierades som en teknologileverantör, med omfattande kunskaper och humankapital i företaget. Detta möjliggör utveckling och tillverkning av teknologilösningar för affärsekosystemet genom Wärtilä Smart Technology Hub där Aurora Botnia fungerar som en testbädd för utvecklingen av teknologier (Wärtsilä u.å.). Kunderna innefattar både företag (B2B) och konsumenter (B2C), det vill säga de som använder färjan för transport av varor och de som använder färjan för rekreation. Kvarkenhamn Aktiebolag innefattar också företagen som erbjuder sina tjänster i hamnområdet som till exempel stuveritjänster. Affärsekosystemets centrala värde-erbjudande är att erbjuda transport av varor och tjänster samt rekreation mellan Vasa och Umeå, genom att bilda en viktig länk i Bottniska Korridoren mellan väst och öst.



Figur 7. Wasalines affärsekosystem i en Ekosystem pajmodell (EPM) (Talmar et al. 2020). För varje aktör har man identifierat de viktigaste resurserna i affärsekosystemet, aktiviteter som utförs av aktörerna, hur värdet ökas av aktörerna inom affärsekosystemet och hur värdet fångas. Centrala värdeerbjudande finns på mitten av modellen. Riskerna för varje aktör är färgkodade (grönt= liten risk, orange = medelrisk och rött = hög risk). EVE = Ekosystem värdeerbjudande.

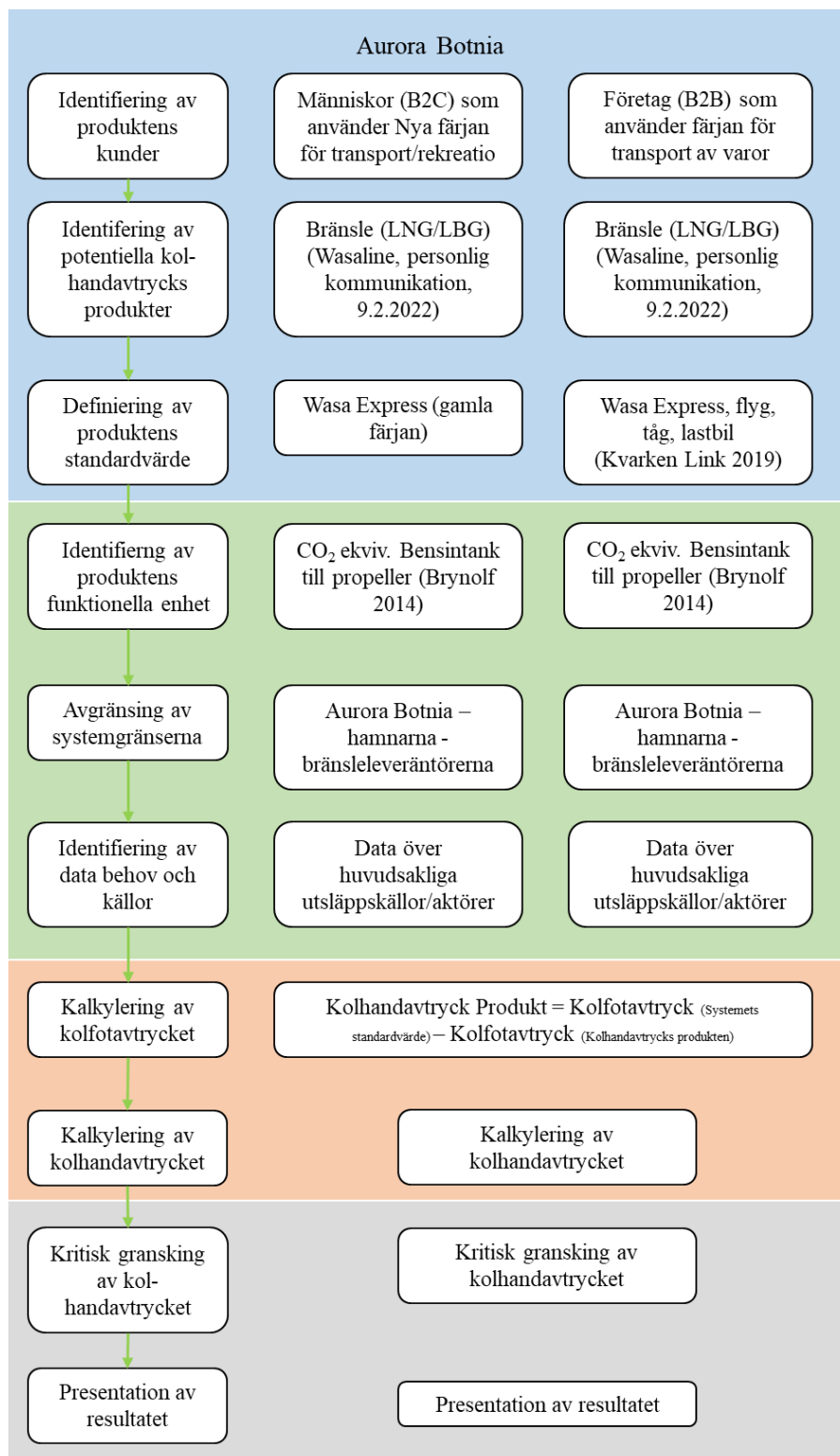
4.4 Visualisering av kolhandavtrycksmetodologi

Metodologin för beräkning av kolhandavtrycket för Aurora Botnia med Wasa Express och alternativa transportmedel illustreras i Figur 8 enligt Pajula et al. 2018. Kolhandavtrycksprodukten är bränsle (flytande naturgas, flytande biogas, diesel) som är en enkelt kvantifierbar produkt, men som helhet har Aurora Botnia flera lösningar och teknologier

som bidrar i kolhandavtrycksbildningen (Wasaline, personlig kommunikation 9.2.2022) Kunderna är delade i två kategorier enligt kundsektorerna B2C (Konsumenter) och B2B (Företag). Kundkategorierna definierar konsumenter som använder färjan för rekreation eller transport och företag som använder färjan för transport av varor, personal eller tjänster. Standardvärdet, det vill säga de tjänster eller produkter vars koldioxidutsläpp Aurora Botnia jämförs med är gamla färjan och alternativa transportsätt mellan Vasa-Umeå, det vill säga tåg, lastbil, bil eller flyg (Kvarken Link 2019, Westin & Westin 2016).

Den funktionella enheten för produktens utsläpp som används för kalkylering av kolhandavtrycket är CO₂ ekvivalent, vilket är ett mått på de totala utsläppen av växthusgaser från kolhandavtrycksprodukten. Utsläppen som bidrar mest med utsläpp inom systemgränserna är utsläppen från tanken till propellern (tank-to-propeller) (Brynolf 2014). Största delen av utsläppen bildas under den processen, det vill säga då färjan förbränner bränslet. Systemet avgränsas enligt ISO 14040–44 (ISO 14040:2006) till de närmaste aktörerna som är i direkt kontakt med Aurora Botnia, de som är med i färjans operativa aktivitet. Data som behövs för kalkyleringen av kolhandavtrycket är utsläppsdata från Aurora Botnia och andra aktörer som är inom systemgränsen. Kalkyleringen av kolhandavtrycket presenteras i en formel genom att ta skillnaden på kolfotavtrycket på de två produkter som jämförs (formeln nedan).

$$\text{Kolhandavtryck Produkt} = \text{Kolfotavtryck (Systemets standardvärde)} - \text{Kolfotavtryck (Kolhandavtrycks produkten)}$$



Figur 8. Kolhandavtrycksbildningen och metodologin för beräkningen av kolhandavtrycket. (LNG = flytande naturgas, LBG = flytande biogas). Blåa (översta) delen innebär identifieringen av den operativa miljön för Aurora Botnia, gröna delen innebär identifieringen av kraven för livscykelanalysen, orangea delen är kvantifieringen av kolhandavtrycket och gråa delen (nedersta) är för presentationen av resultatet för kunderna och intressenterna (Pajula et al. 2018).

4.5 Utveckling av den marina miljöövervakningen i Kvarken

Datansamlingen av miljödata som utförs på Aurora Botnia och som kunde tänkas användas till den marina miljöövervakningen är främst temperaturövervakning av havsvattnet. Temperaturövervakningen är dock inte av tillräckligt bra kvalitet och genomflödet av havsvatten kan vara för låg, vilket påverkar mätningresultatet (Wasaline, personlig kommunikation 15.12.2021). Motorvärme och annan värme som bildas i färjan kan påverka mätningresultatet. Kommande utveckling och bristerna i den finska marina miljöövervakningen finns noggrannare beskrivet i Attila et al. 2020 (Kap 5.5).

Möjligheterna och kraven för användningen av ett Ferrybox mätningssystem i Aurora Botnia kartlades genom kommunikation med Finlands miljöcentral (Finlands miljöcentral, personlig kommunikation 09.12.2021). För att använda ett FerryBox mätningssystemet krävs det ytterligare utredningar på flera faktorer för att kunna avgöra om färjan är lämplig för ett FerryBox mätningssystem. Faktorer som kan påverka lämpligheten är: färjans form och utrymme, verksamhetens långvarighet och personalresurser för underhåll av ett FerryBox mätningssystem (Finlands miljöcentral, personlig kommunikation 09.12.2021).

Användningen av ett FerryBox mätningssystem och Aurora Botnias miljöeffekter kommer möjligtvis att undersökas vidare i ett kommande projekt med Finlands miljöcentral, Vasa Universitet, Meteorologiska institutet, Wärtsilä och Wasaline (Finlands miljöcentral, personlig kommunikation, 9 december, 2021). I december 2021 saknade man ännu finansiering för projektet.

5. Diskussion

Avhandlingens syfte var att undersöka den marina miljöövervakningens spatiala och temporala omfattning i studieområdet och möjligheterna att länka det samman med Wasalines affärsekosystem för att kunna öka vår förståelse av klimatförändringen i Kvarken. Jag har undersökt om kolhandavtrycksmetodologin kan tillämpas för att vara ett sätt att länka ihop affärsekosystemet med marin miljöövervakning och det marina ekosystemet. I avhandlingens frågeställningar har jag undersökt den marina miljöövervakningen i Kvarken (Kapitlen 4.1–4.2), Wasalines miljöeffekter (Kap 4.4 & 5.6). Slutligen har jag knutit ihop dessa två till en sista

frågeställning, för att undersöka om det går att hitta en länk mellan dessa två olika ekosystem; marina ekosystem och affärsekosystemet, med hjälp av kolhandavtrycksmetodologin och affärsekosystemtänkande (Kap 4.5 & 5.8–5.9).

Resultatet visar att den marina miljöövervakningen är temporalt begränsad till några övervakningstillfällen per år och vissa kvalitetsfaktorer saknar tillräcklig uppföljning som till exempel växtplanktonuppföljningen i innerskärgården på den finska sidan av studieområdet. Wasalines affärsekosystem utgörs av flera aktörer men jag har identifierat sju aktörer som är viktiga för affärsekosystemets centrala värde-erbjudandet. Största risken (ekonomi) i affärsekosystemet bärs av städerna Vasa och Umeå, som är delägare i flera av affärsekosystemets aktörer. Affärsekosystemet och kolhandavtrycksmetodologin är inriktade för att mäta koldioxidutsläppen som ett mått på miljöeffekter, men jag föreslår att en omfattande utredning på Aurora Botnias miljöeffekter borde utredas och kvantifieras. Aurora Botnias miljöeffekter och användningen av FerryBox mätningssystem i Aurora Botnia kommer möjligtvis undersökas i framtiden i ett projekt med flera aktörer, men ännu i december 2021 hade man inte säkerställt finansiering. (Finland miljöcentral, personlig kommunikation, 9 december, 2021).

5.1 Marin miljöövervakning i studieområdet

Marin miljöövervakning i Kvarken utförs av flera olika myndigheter och aktörer. Södra Österbottens Närings-, trafik- och miljöcentral ansvarar av verkställandet av marina miljöövervakningen på den finska kusten, provtagningen och analysen utförs av konsulter och organisationer som hör till samkontrollprogram. Finlands miljöcentral koordinerar den nationella marina miljöövervakningen och ansvarar för forskningsfartyget Aranda och vissa Alg@line fartygsrutter. Andra viktiga aktörer är exempelvis Forsstyrelsen som samlar in data om naturtyper och artsammanställningen via VELMU programmet, medborgare-observationer på blågröna alger samt Naturresursinstitutet som gör fiskövervakning. Satellitövervakning och fjärranalys utförs av Meteorologiska institutet och Finlands miljöcentral. I Sverige ordnas marin miljöövervakning på nationell nivå av Havs- och vattenmyndigheten (HAV), Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) och Naturvårdsverket, på regional nivå är länsstyrelsen, kustvattenförbunden och vattenmyndigheterna ansvariga för marin miljöövervakning.

Vattnets kemiska och fysikaliska variabler mäts spatialt och temporalt med flera olika metoder såsom vattenprovtagning, satellitövervakning det vill säga fjärranalys, alg@lineövervakning som använder FerryBox mätningssystemet, forskningsfartyget Aranda som övervakar öppna havet, och med intensivstationer som har högre intensitet i provtagningsfrekvensen. Metoderna ger en bra bild av havets hydrografi och kemiska egenskaper och möjliggör därmed en kontinuerlig säsongmässig temperatur- och salthaltsövervakning i ett långtidsperspektiv (Attila et al. 2020). Genom att tillämpa exempelvis Ferrybox mätningssystem i Aurora Botnia skulle man kunna kostnadseffektivt öka på den temporala och spatiala resolutionen i miljöövervakningen i studieområdet (Kap 5.8).

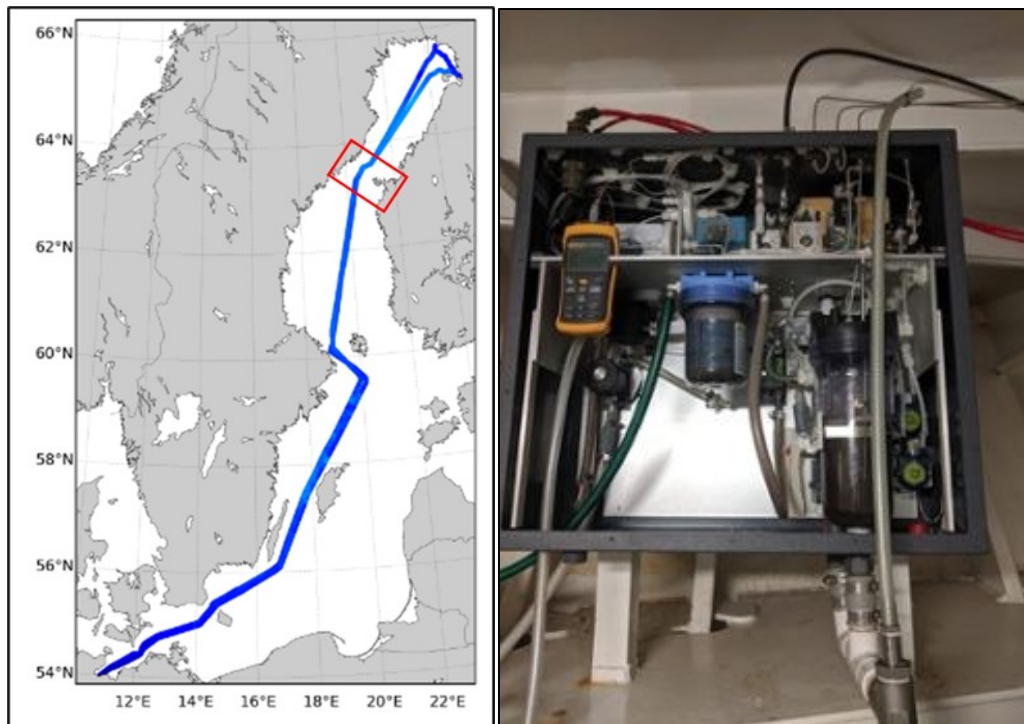
Syftet med det marina miljöövervakningsprogrammet är att samla in information för att kunna bedöma havsmiljöns tillstånd. Informationen utgör grunden för åtgärdsprogrammet och uppföljningen av miljömålen. Grunden för övervakningsprogrammet finns i lagen om vatten- och havsvårdsförvaltningen (Ahlman et al. 2020). Den tidsmässiga och rumsliga omfattningen av övervakningsprogrammet och övervakningen skall planeras på ett sätt där både naturliga variationer och variationer orsakade av mänsklig verksamhet går att skiljas och uppföljas (Ahlman et al. 2021).

Inom studieområdet har Södra Österbottens NTM-centralen ett stort ansvarsområde som täcker en del av Bottenhavet, hela Kvarkens havsområde och en del av Bottenviken (Figur 3) och största delen av alla övervakningsstationer på finska sidan av studieområdet hör till Södra Österbottens NTM-centralens verksamhetsområde (Figur 2). Södra Österbottens NTM-centralens övervakningsstationer är glest utbredda på hela studieområdet och övervakningsfrekvensen varierar beroende på övervakade kvalitetsfaktorer, stationernas placering, istäcke på vintern (A. Bonde, NTM-central, personlig kommunikation, 2 december 2021) och av övervakningstyp (kontrollerande, operativ, undersökande eller samkontroll). Övervakningen av vattnets kemiska och fysikaliska parametrar uppföljs på alla NTM-centralens stationer, på alla Arandas övervakningsstationer och av M/S Tavastland (Figur 2, Tabell 1 & 2). I och med att klimatförändringen kommer att direkt eller indirekt påverka saliniteten, ytvattentemperaturen, näringshalterna och algblomningarna i Östersjön (Andersson et al 2015) är övervakningen av dessa parametrar viktiga för att kunna uppfölja effekterna av klimatförändringen i Kvarken. Övervakningen av dessa variabler i lämplig tidsskala är centralt för att kunna identifiera och åtgärda klimatförändringens konsekvenser så effektivt som möjligt (Philippart et al. 2011). För att öka vår kunskap om klimatförändringens effekter i marina ekosystem är upprätthållning och utvidgning av långsiktiga övervakningsprogram och

tillämpning av nya övervakningsteknologier viktiga för att öka på spatiala och temporala täckningen av övervakningen (Philippart et al. 2011).

5.2 *In situ* övervakning och fjärranalys

I studieområdet utförs *in situ* övervakning av Alg@line fartyget M/S Tavastland och mätningarna görs av ett FerryBox mätningssystem (Figur 8) (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut 2022). FerryBox mätningssystemet samlar in data genom fartyg som trafikerar bestämda rutter regelbundet. År 2022 fanns det 5 fartyg som hade i alla fall ett stopp inom Finland som använde FerryBox mätningssystem för mätningar under sina fartygsrutter (Finlands miljöcentral 2014). Mätningssystemet tar in vatten från utsidan av fartyget och med varierande sensorer mäter man variabler såsom vattentemperatur, salinitet, grumlighet och fluorescens (Petersen & Colijn 2017). Genom studieområdet trafikerar fartyget M/S Tavastland mellan Finland och Tyskland (Figur 8) och det installerade FerryBox mätningssystemet är en viktig och kostnadseffektiv metod för uppföljningen av vanliga vattenparametrar inom studieområdet på öppet hav (Figur 5 & 8). Metoden kompletterar även vanliga övervakningsstationer, fjärranalys och forskningsfartyget Aranda. Data om klorofyll-a från fjärranalys och Alg@line kompletterar varandra bra. Observationerna från Alg@line kan fungera som äkta eller sann data alltså så kallat ”marksanning” till satellitobservationerna (Petersen & Coljin 2017). FerryBox mätningssystemet upprätthålls av Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut och data om salthalt och temperatur används i oceanografiska modeller (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut 2022). Data från FerryBox mätningssystemet i M/S Tavastland finns tillgängligt på Sveriges meteorologiska och hydrologiska institutets hemsida.



Figur 9. Till vänster, M/S Tavastlands rutt mellan Finland och Tyskland, röda rutan är Kvarkens havsområde. Till höger, FerryBox mätningssystemet i M/S Tavastland. Figuren modifierad från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut 2022.

FerryBox-mätningssystemet används även på andra fartyg än M/S Tavastland, på flera olika fartygsrutter inom hela Östersjön. Sensorerna och de mätbara variablerna har ökat avsevärt, systemet kan ta vattenprov direkt från havet från en förhandsbestämd plats, som analyseras senare i laborieförhållanden. På grund av den stora datamängden som dessa system kan samla in, är kvalitetssäkring och en robust datahantering viktigt (Petersen & Colijn 2017). Det finns många nyttor med ett sådant system: den fyller kunskapsluckor som orsakas av sällan återkommande observationer, den kan jämna ut mismatchen mellan provtagningstillfällena, naturliga variationer och biologiska händelser, dessutom är systemet kostnadseffektivt och samlar in mycket data (Petersen & Colijn 2017). Rådata som samlas in i realtid kan observeras och analyseras, data kan vara lätt tillgänglig för myndigheter, forskning, privatpersoner och företag. Genom Alg@line-övervakningen har Finlands miljöcentral kunnat producera 20 år långa dataserier på olika fartygsrutter i Östersjön. Data från Alg@line-fartyg som upprätthålls av Finlands miljöcentral finns tillgängligt i realtid på webbsidan www.itameri.fi.

Satellitövervakningen har sin grund i Sentinel satellitserien, som utvecklades av EU inom Copernicus-programmet. Fjärranalys är av stor hjälp i marin miljöövervakning, med satelliter kan man övervaka korttidsförändringar, tillfälliga fenomen och långtidsförändringar i havet

(Attila et al. 2020). Med fjärranalys kan man med noggrannhet identifiera klorofyll-a, grumlighet, algmattor, humus och ytvattentemperatur (Attila et al. 2018, Anttila et al. 2018). År 2019 blev fjärranalys accepterad som en metod för Östersjöns klorofylluppföljning (Attila et al. 2020). Observationer fås dagligen och är tillgängliga via SYKEs TARKKA och NTM-centralens STATUS användargränssnitt (Attila et al. 2020). Satellitövervakningen är möjlig alltid när satelliten passerar studieområdet, men datainsamlingen och tolkningen av data förhindras under molniga förhållanden. Satellitdata möjliggör produktionen av indikatordata som baseras på klorofyll-a halter och ljusförhållanden från ytvattenmätningar. Observationer görs dagligen vilket möjliggör en kontinuerlig säsongmässig övervakning av olika kvalitetsfaktorer under en längre period.

Med flera olika metoder av övervakning av vattnets fysikaliska data ger övervakningen en bra helhetsbild på vattnets tillstånd i studieområdet. Alg@line data har en stor betydelse i kvalitetssäkringen av fjärranalysdata men dessa metoder är begränsade till djupet och mätningarna görs endast från ytvattensiktet. Nyttorna med Alg@line-övervakningen är många, med hjälp av övervakningen kan man identifiera dagliga variationer i havet, producera långtidsdata och övervakningen fungerar som kontroll för satellitobservationer (Petersen & Coljin 2017). FerryBox mätningssystemet används internationellt på flera olika fartyg och med hjälp av systemet har man kunnat identifiera förändringar i havets olika variabler, exempelvis Brumovský et al. 2016, Groetsch et al. 2016, Macovei et al. 2021.

5.3 Forskningsfartyget Aranda

Aranda är Finlands miljöcentrals forskningsfartyg med isbrytarförmåga som gör miljöövervakning på öppna havet (Figur 5). Från och med 2019 har Aranda gjort fyra forsknings- och övervakningsresor per år i norra Östersjön; COMBINE 1 i januari-februari, COMBINE 2 i juni, COMBINE 3 i augusti och COMBINE 4 i april. Övervakningspunkterna täcker hela öppna havet och övervakningen är organiserad på ett sådant sätt att datainsamlingen och metoderna är kompatibla och interkalibrerade med Meteorologiska institutet och med grannländerna Ryssland, Estland och Sverige (Attila et al. 2020). Kostnaderna för forskningsresorna är höga men genom internationellt samarbete har man kunnat öka på kostnadseffektiviteten. Utvecklingsbehoven finns i automatiseringen av övervakningsmetoderna och databehandlingsprocesserna (Ahlman et al. 2020).

Inom studieområdet finns elva av Arandas övervakningsstationer, mätningsfrekvensen varierar från en till tre gånger per år. Stationerna finns både på den finska och svenska ekonomiska zonen (Figur 5). Övervakningen sker året runt, även under månaderna med istäcke. Arandas driftkostnader är höga, 10 000 € - 30 000 € per dag exklusive personalkostnader (Finlands miljöcentral, personlig kommunikation 9 december, 2021). Datainsamlingen från öppna havet i studieområdet utförs enbart av Aranda och Alg@line-övervakning. Data om bottendjursamhällen och hela vattenkolumnen i öppna havet fås endast via Arandas övervakningsresor.

5.4 Bristerna och utvecklingsbehoven i marin miljöövervakning i studieområdet

För att uppfölja klimatförändringens effekter måste man mäta flera indikatorer under en längre tidsperiod. De vanligaste indikatorerna (temperatur, salinitet, siktdjup och klorofyll-a) ger oss en bra bild av de biologiska och fysikaliska förändringarna i vattenkolumnen. Studieområdets datainsamling följer i de flesta fall de aktuella indikatorerna, men på grund av begränsningar i provtagningsfrekvensen sker datainsamlingen i korttid för sällan, det vill säga oftast på våren och sommaren. Klimatförändringen kan orsaka förändringar i algblomningarnas tidpunkt med en hel månad (Andersson et al. 2015). Övervakningen kan således vara blind för dessa förändringar, om tiden mellan provtagning och algblomning inte anpassas efter klimatförändringen och miljöförhållandena. En högre provtagningsfrekvens kan jämna missmatchningen mellan de biologiska och fysikaliska händelserna i studieområdet samt visa korttidsförändringar i temperatur och salinitet och deras förhållande till långtidsdata.

Den marina miljöövervakningen i studieområdet har flera brister i datainsamlingen, spatiala och temporala täckningen samt i mätbara kvalitetsfaktorer (Ahlman et al. 2021, A. Bonde, NTM-central, personlig kommunikation, 2 december 2021 & Korpinen et al. 2018). På nationell nivå saknar vissa indikatorer tillräckliga data för avgörandet av miljöstatusen, som till exempel gällande nedskräpning, undervattensbuller och kommersiellt fiske (Korpinen et al. 2018) och till exempel i 2011–2016 statusklassificeringen av eutrofieringsstatusen var data om klorofyll-a halterna i Kvarken och Bottenviken bristfälliga (Korpinen et al. 2018). Brister i Södra Österbotten NTM-centralens datainsamling och de övervakade kvalitetsfaktorerna gäller växtplankton från innerskärgården och data om muddringar och vattenbyggningar samt andra hydrografiska förändringar (A. Bonde, NTM-central, personlig kommunikation, 2 december

2021). Datainsamlingen i hela den finska delen av studieområdet anses inte vara tillräcklig och är bristfälligt (A. Bonde, NTM-central, personlig kommunikation, 2 december 2021). Genom att använda Ferrybox mätningssystem i Aurora Botnia skulle man kunna öka på den spatial och temporal täckningen av flera olika kvalitetsfaktorer såsom klorofyll-a, temperatur, grumlighet och salinitet (Kap 5.8).

Kustövervakningsstationerna täcker de mest förekommande naturtyperna vid kusten, men det råder ännu brist på data om naturtyper. En tydlig skillnad mellan Finland och Sverige kan ses i karteringen av naturtyper. I Finland har man karterat naturtyperna på ett större havsområde, delvis för att den finska kusten är grundare och bredare än den svenska kusten. Miljöövervakning av naturtyper är ännu i sin början och metoderna är ännu i utvecklingsfasen. Det nya övervakningsprogrammet kommer att verkställa övervakningen av naturtyper enligt kriterierna i Europeiska unionens ramdirektiv om en marin strategi (2008/56/EC) och habitatdirektivet (92/43/EEC). Övervakningsfrekvensen varierar beroende på kvalitetsfaktorerna, övervakningsmetoden och stationernas läge, till exempel, intensivstationerna har en frekvens mellan 12–16 provtagningar per år. Den högsta rotationen mellan provtagningstillfällena är sex år, det vill säga var sjätte år. Stationer som övervakar bottenfauna artsammansättningen och abundansen har oftast övervakning var tredje år eller var sjätte år (Tabell 1).

Den temporal variationen i övervakningen orsakar att korttidsskillnader och variationer mellan årstider kan vara svåra att identifiera. Övervakningen sker oftast på våren och sommaren, delvis också på hösten, men på intensivövervakningsstationer, satellitövervakning och på alg@lines rutter är övervakningen året runt och mer frekvent, exempelvis Alg@line-övervakningen sker en gång i veckan när M/S Tavastland passerar studieområdet (Figur 5). Övervakningen och datainsamlingen från öppet hav är beroende av forskningsfartyget Aranda, fjärranalys och Alg@lineövervakningen.

Flera marina nyckelarter uppnår sin nordligaste utbredningsgräns vid Kvarkens havsområde som exempelvis blåstången och blåmusslan. Inom studieområdet finns det bara två övervakningsstationer för makrofyter, detta kan orsaka att stora förändringar i blåstångssamhällen går osedda. Eftersom dessa arter lever på sin toleransgräns kan förändringarna i salthalten och temperaturen betyda att arterna försvinner från Kvarkens marina ekosystem och orsakar stora ekologiska förändringar i artsammansättningen, födoväven och biodiversiteten (Andersson et al. 2015). Detta kan man åtgärda genom en tillräckligt frekvent miljöövervakning av väsentliga vattenparametrar som fungerar som viktiga varningssignaler

för markofytsamhällen. Exempelvis om salthalten sjunker under en viss nivå och flödet av miljödata från övervakningsstationerna till miljöförvaltning är tillräckligt snabb kan man vidta åtgärder i tid. Aurora Botnia skulle kunna delta i datainsamlingen i Kvarken och därmed bidra med frekvent miljödata mellan Vasa och Umeå (Kap 5.8).

5.5 Framtidsutvecklingen av marin miljöövervakning

Framtidsutvecklingen av marin miljöövervakning kommer att fokusera på effektivisering av övervakningsmetoder, datahanterings och -insamlingsförmågor samt öka på kvalitetsfaktorerna (Attila et al. 2020). Man kommer i större skala att börja använda automatiserade övervakningsmetoder för att öka kostnadseffektiviteten och övervakningsfrekvensen samt den spatio-temporal täckningen. Exempelvis prover av växt- och djurplankton samt bottenfauna kan automatiseras med hjälp av automatiserad mönsterigenkännande programvara eller med molekylära provtagningsmetoder. Vissa brister i övervakningsdata kan lösas med ökad provtagningsfrekvens, såsom i växtplanktonuppföljning, men med traditionell provtagning skulle det vara väldigt kostsamt att öka provtagningsfrekvensen och analysen till en gång i månaden (Attila et al. 2020). Med automatiserad övervakning kan man öka datainsamlingen avsevärt både spatialt och temporalt på ett kostnadseffektivt sätt, man kan till exempel använda Alg@line-övervakningens uppföljning av farliga och skadliga ämnen, eller bojar som gör mätningar från olika djup. Inom havet finns det många olika aktörer som använder av havets resurser inom sina egna verksamhetsområden, genom att delaktiga de i utvecklingen av marina miljöövervakningen kan man hitta nya kostnadseffektiva lösningar som producerar relevant miljödata, exempelvis genom att utvidga Alg@line konceptet till flera fartyg såsom Aurora Botnia (Kap 5.8).

I rapporten ”Förslaget till förvaltningsplan del 2: Metoder och principer som använts vid planeringen av vattenvården (2021)”, har man identifierat utvecklingsbehov för kustvattenövervakning inom variationer i kustvattensdjup och i havsbottnens struktur och kvalitet. För en nationell helhetsbild av det allmänna läget i kustområdet anses syredata vara otillfredsställande på grund av att övervakningsstationerna är koncentrerade i områden med dåligt syreläge på botten, det ger en snäv bild av hela kustområdet (Ahlman et al. 2021). Genom allokering av övervakningsstationerna till områden där övervakningen har störst nytta kan man öka på kostnadseffektiviteten. Exempelvis i områden som har liten variation i

kvalitetsfaktorerna kan man minska på övervakningsfrekvensen, medan i områden som är nära god ekologisk status (GES) eller har stor variation i kvalitetsfaktorerna behöver mera övervakning för att uppnå en mera exakt bedömning på miljöns status (Nygård et al. 2016) Flera utvecklingsbehov som är identifierade i Ahlman et al. 2021 berör automatiseringen av övervakningen, ökad mängd observationer i realtid, fasta stationer, på ytan och nära botten, mera kvalitetsfaktorer såsom pCO₂, TOC (totala organiskt kol i vattenmassa), DOC (löst organiskt kol i vattenmassan) och suspenderat material i jordbruksdominerade vikar.

Databehandlingen planeras att utvecklas så att överföringen av data går att göras i realtid till Itämeri.fi-portalen och visualiseringen av data borde utvecklas så att användningen av data är så effektiv som möjligt, exempelvis tidigare har Alg@line data varit svårtillgänglig (Attila et al. 2020). Genom att förbättra på datahanteringen och användbarheten av data genom bättre tillgänglighet kan man öka effektiviteten av data. Exempelvis genom datafusion och kombination av övervakningsdata från olika databaser kan man minska på resursbehovet av databehandling och öka på noggrannheten (Attila et al. 2020).

5.6 Wasalines affärs ekosystem och miljöeffekter

Nyttorna med affärs ekosystem och EPM modellen är att man identifierar de aktuella aktörerna för ekosystemets värde-erbjudanden och deras beroendeförhållande till varandra. Affärs ekosystemet som Wasalines färja Aurora Botnia opererar i har en hög grad av samarbete bland aktörerna (Figur 7). En drivande egenskap bland Wasaline, Kvarken Link och Kvarkenhamnar Aktiebolag är strukturen av ägarskap där Vasa stad och Umeå stad har ägarskap i båda företagen. Detta möjliggör bättre tillgång till finansiering och incitament för investeringar som utvecklar båda städerna och möjliggör ekonomisk tillväxt i regionen (Westin & Westin och Kvarken Ports u.å.). Affärs ekosystemets värdeerbjudande är att erbjuda transport av varor och människor mellan Vasa och Umeå, rekreation, samt bilda en viktig nod mellan väst och öst i Bottniska Korridoren (Lindström & Sikström u.å.). Kvarkenhamnar Aktiebolag har investeringar på gång i både Vasas och Umeås hamninfrastruktur, som kommer att öka effektiviteten och lastbehandlingskapaciteten i transportkedjan mellan städerna och i hela transportkedjan i Bottniska Korridoren, genom förnyad färjeterminal och järnvägsterminal (Kvarken Ports u.å.). Samarbetet i affärs ekosystemet förstärks av Wärtsilä som har bildat Wärtsilä Smart Technology Hub i Vasa där Aurora Botnia fungerar som en testplattform för nya

innovationer och för forsknings- och utvecklingsarbete av teknologier (Wärtsilä u.å.). Wärtsiläs Smart Technology Hub är fokuserad på innovationer och att utveckla och prova på nya produkter och teknologier inom Wärtsiläs avdelning för energi och sjöfartsindustrin i samarbete med andra aktörer såsom start-ups, akademier och företag (Wärtsilä u.å.). I innovativa affärsekosystem har alla aktörer en viktig roll för att tillsammans erbjuda ett gemensamt värdeerbjudande som är beroende av alla aktörers egen medverkan (Talmar et al. 2018). Marknaden för nya teknologier inom sjöfartsindustrin är enorm eftersom teknologierna till stor del är användbara även i energiindustrin (Wärtsilä u.å.).

Utsläppen från den nya färjan har minskat avsevärt på grund av flera faktorer, såsom skrovformen, optimerad verkningsgrad i maskinen och flexibiliteten i formen av bränsle och framdrivningsmaskinerna (Wasaline, personlig kommunikation 9 december 2021). Skillnaden i de operativa utsläppen (utsläppen från bensintanken till propellern) finns visualiserade i realtid på nätsidan: <https://observation.wasaline.com/>. Andra miljöeffekter från sjöfart såsom undervattensbuller, utsläpp direkt till vattendraget och fysiska effekter (kollision, suspenderat material) (Jägerbrand et al. 2019) har inte analyserats. Till exempel svallvågorna från färjor är av annan höjd och intensitet än vågor orsakade av vind (Soomere 2005). Svallvågor orsakar fysisk störning i marina ekosystem både nära och längre från farlederna. Svallvågorna orsakar erosion av strandlinjen, vilket påverkar artutbredningen och artsammansättningen vid strandlinjen. Exempelvis har *F. vesiculosus* flyttat sig djupare vid fartygsruten mellan Sverige och Finland (Roos et al. 2004). Ytterligare utredning av färjans miljöeffekter kommer möjligtvis undersökas i kommande projektet med Wasaline, Wärtsilä, Finlands miljöcentral, Meteorologiska institut och Vasa Universitet (kap 4.5), i projektet kommer man undersöka också färjans färdigheter att producera miljödata och utföra miljöövervakning med ett FerryBox mätsystem (Kap 5.8). Färjan kan förbättra den marina miljöövervakningen i Kvarkens havsområde genom att producera kostnadseffektiva miljödata med hög spatial och temporal täckning, den skulle kunna lösa bristerna som råder i studieområdet genom att till exempel öka på datainsamlingen av klorofyll-a. Affärsekosystemet och Wasalines miljöeffekter har negativa effekter på Kvarkens marina ekosystem och skillnaden mellan den nya färjan och gamla färjan har inte kvantifierats, men med kommentarer från Wasaline och enligt visualiseringen som har gjorts på <https://observation.wasaline.com/> uppvisas en betydlig minskning i koldioxidutsläppen mellan gamla färjan och Aurora Botnia.

5.7 Utvecklingen av sjöfartsindustrin i koppling till marin miljöövervakning och datainsamling

EPM modellen ger en strategisk inblick i flera olika aktörer och processer, men den kan även utnyttjas retrospektivt i affärsekosystem för att förnya operativa strukturer (Talmar et al. 2018). Verksamheten och aktörerna i Wasalines affärsekosystem, Wärtsilä Smart Technology Hub och utvecklingsbehoven i marin miljöövervakning kan möjliggöra ett samarbete mellan olika vetenskapsgrenar.

Inom sjöfartsindustrin och sjöfartsteknologi har andra aktörer såsom Kongsberg Maritime börjat utveckla teknologier och datainsamlingsprocesser inom det marina området, inom marina miljöövervakningen och för annan typ av data från havet. Exempelvis har ett av världens största marina forskningsinstitut, Norska havsforskningsinstitutet (IMR), börjat utnyttja robotik och autonoma forskningsfarkoster för att digitalisera övervakningen och förvaltningen av marina ekosystem och resurser (Kongsberg 2021). Kongsberg har utvecklat ett koncept, så kallad Blue Insight, som automatiserar datainsamlingen, visualisering, fjärranvändning av sensorer som finns i fartyg, fjärrstyrda farkoster och robotik. Investeringarna i datainsamling, -hantering och -visualisering ökar våra kunskaper om sjöfartsindustrins miljöeffekter och möjliggör effektivare beslutsfattning i industrin, men också inom vetenskapen och myndigheterna. I Finland har man bildat ett vetenskapligt konsortium, Finnish marine research infrastructure (FINMARI), med sju viktiga aktörer inom forskning, förvaltning och utveckling av marina ekosystem och marin miljöövervakning i Finland. FINMARIs mål är att utveckla den finska infrastrukturen om havsundersökning. Genom att hitta nya synergier och lösningar med olika samarbetspartners, kan man tackla problem inom havsundersökningen, som till exempel databristerna inom spatial och temporal utbredningen av organismer (Finnish marine research infrastructure u.å.). Till den finska marina miljöövervakningens infrastruktur hör exempelvis Alg@linefartyg, isbojar och fältstationer (Finnish marine research infrastructure u.å.).

EU direktivet om en marin strategi (2008/56/EG) kräver att medlemsstaterna utvecklar den marina miljöövervakningen och övervakningsstrukturen. Detta kan göras exempelvis genom att testa och utveckla innovativa och kostnadseffektiva mätningssystem eller genom utvecklingen av statusindikatorerna (Danovaro et al. 2016). Inom sjöfartsindustrin försöker man genom nya innovationer och teknologier lösa problem som växthusgasutsläpp, miljöeffekter, höga personalkrav och kostnadsstrukturen. De globala trenderna inom

kommersiell sjöfart innefattar teknologier och innovationer i exempelvis sensorer, stordata analys (big data), framdrivning och smarta fartyg (smart ship) (Shenoi et al. 2015). Datainsamlingen och datahanteringen kommer att öka i framtidens sjöfart med ökad mängd sensorer, autonoma system och användningen av stordata analys (Shenoi et al. 2015). Flera av dessa innovationer och teknologier kan även vara till nytta i marin miljöövervakning och undersökningar av marina ekosystem. En utredning av användbarheten av dessa teknologier för marin miljöövervakning i modern sjöfart skulle kunna vara till stor nytta i utvecklingen av den marina miljöövervakningen tillsammans med sjöfartsindustrins olika aktörer.

5.8 Användning av FerryBox mätningssystem i Aurora Botnia

Kvarkens kustområde är ett smalt område med en kort distans på 80 km från Vasa till Umeå. Med hjälp av ett FerryBox system, områdets innovativa affärsekosystem och möjligt samarbete mellan myndigheterna kunde en kostnadseffektiv marin miljöövervakning med hjälp av Aurora Botnia möjliggöras. Affärsekosystemet möjliggör också utvecklingen av övervakningsmetoder av marin miljöövervakning med hjälp av affärsekosystemets teknologiaktörer och Aurora Botnia. I och med det korta avståndet mellan Vasa och Umeå är datainsamlingen användbar för båda länderna och kostnaderna för övervakning kan potentiellt vara väldigt låga, eftersom kostnaderna går att dela mellan länderna. Kostnaderna för ett FerryBox system är med en initial investering ungefär 110 000 € och operativa- samt personalkostnader är ca 85 000 € per år (Petersen & Coljin 2017). Användningen av ett FerryBox system ökar inte på Wasalines operativa kostnader i och med att underhållet och vattenprovinsamlingen går att göra under tiden färjan är i hamnen (Petersen & Coljin 2017). Ett *in situ* mätningssystem i Kvarkens havsområde skulle öka på den spatiala och temporala täckningen av övervakningen samt förstärka förmågan att upptäcka varningssignaler i vattenkolumnen, såsom toxiska algbloomningar (Petersen & Coljin 2017). FerryBox mätningssystemet möjliggör även datainsamling för vetenskapliga studier och forskning i Kvarkens havsområde. Inom Wasalines affärsekosystem och Aurora Botnias operativa verksamhet kan ett *in situ* mätningssystem fungera som en länk mellan sjöfartsindustrin och marina ekosystem, marin miljöövervakning, vetenskapen samt myndigheterna. I andra fartyg med FerryBox mätningssystem har man kunnat använda det för att kommunicera om det marina ekosystemet och färjans omgivning med fartygets kunder (Petersen & Coljin 2017).

5.9 Kol- och miljöhandavtrycket

Kolhandavtryckstänkandet i Wasalines och Wärstiläs organisationer syns genom nätsidan: <https://observation.wasaline.com/> där skillnaden i utsläppen mellan Aurora Botnia och Wasa Express finns illustrerade i realtid under färjans operativa verksamhet. Skillnaderna i utsläppen bildas mest av skrovformen, maskinernas verkningsgrad och flexibilitet i maskinerna och bränsleanvändningen samt optimerad drift, men det finns flera mindre faktorer som påverkar helheten (Wasaline, personlig kommunikation, 9 december 2021). Kolhandavtrycksmetoden fokuserar endast på de luftburna koldioxidutsläppen, inte på vattenburna utsläpp eller andra miljöeffekter (Pajula et al. 2018). Kolhandavtrycksmetodologin kvantifierar koldioxidutsläppen av en produkt eller tjänst och jämför dem med en annan produkt som fyller samma funktion. Om skillnaden mellan koldioxidutsläppen är positiv, det vill säga produkten har mindre utsläpp än den som man jämför med, bildas det kolhandavtryck. Metodologin är relativt ny och har utvecklats av Teknologiska forskningscentralen (VTT Ab) (Pajula et al. 2018). Metodologin använder koldioxidutsläpp som en mått av produkternas miljöbelastning. Användningen av kolhandavtryck berättar inte åt konsumenterna om de andra potentiella miljöeffekterna färjan kan ha på miljön. Men under 2021 vidareutvecklade man kolhandavtrycksmetodologin för att motsvara miljöhandavtryck, som kvantifierar flera miljöbelastningar än enbart koldioxidutsläppen (Vatanen et al. 2021). Miljöhandavtrycket innebär flera olika miljöbelastningar såsom vattenanvändning och utsläpp av näringsämnen. Miljöhandavtrycksmetodologin baserar sig på att kalkylera och kvantifiera olika miljöbelastningar (koldioxid, vatten, näring, resurs) för olika produkter och genom produkternas egenskaper kan man minska på användarens miljöfotavtryck (Vatanen et al. 2021). Till grunden är handavtrycksmetodologin ett sätt för företagen att kommunicera sina produkters miljövänlighet, om det är gjort på ett kritiskt sätt för att undvika grönmålning (Pajula et al. 2018).

Aurora Botnias kolhandavtryck (Figur 8) berättar för användaren bara skillnaderna i koldioxidutsläppen, inte färjans hela miljöbelastning. För att kvantifiera Aurora Botnias olika miljöhandavtryck krävs det mer data från verksamheten och från jämförelseprodukterna, som exempelvis kan vara Wasa Express, dvs. den tidigare fartyget, och andra metoder för transport mellan Vasa och Umeå såsom bil, lastbil, flyg eller tåg. I kvantifieringen av miljöfotavtryck är det bra att beakta alla externaliteterna för alla produkter så långt det går, exempelvis färjans

svallvågor som kan orsaka erosion av strandlinjen, eller användningen av vägarna mellan Umeå och Vasa som sliter på vägarna och ökar på vägunderhållningen (Westin & Westin 2016). I ett scenario där Aurora Botnia även skulle användas för marin miljöövervakning kan data som produceras i Aurora Botnia också ha en positiv effekt i kalkyleringen av miljöhandavtrycket, men miljöövervakningsdata är svårt att kvantifiera även om den skulle ha hög avkastning (Nygård et al. 2016). Data från marin miljöövervakning kan även presenteras på fartyget för att kommunicera med användarna om den omgivande miljön (Petersen & Coljin 2017) och om klimatförändringens effekter. Wasalines affärsekosystem investerar i framtidens innovationer och satsar på att hitta nya effektiva lösningar (Wärtsilä u.å., Kvarken Link u.å. a & Kvarken Link 2019). Den underliggande drivkraften i affärsekosystemets utveckling är den regionala utvecklingen av städerna och ekonomisk tillväxt (Westin & Westin 2016).

6. Konklusion

Kvarkens havsområde, med dess arter och livsmiljöer, är känsligt för klimatförändringar och andra förändringar orsakade av människan, tex. fartygstrafik. Det är därför viktigt med en tillräcklig och tillförlitlig miljöövervakning för att kunna påvisa effekterna av förändringarna. Den marina miljöövervakningen i Kvarken är beroende mest av traditionella övervakningsmetoder som görs manuellt och därför är övervakningen ineffektiv. Mera *in situ* datainsamling skulle öka på den spatiala och temporala täckningen av miljöövervakningen i Kvarken (Figur 2 & 3, Tabell 2). I framtiden kommer man att investera i lösningar som ökar på kostnadseffektiviteten av marin miljöövervakning, detta innebär till exempel automatisering, allokering av övervakningsstationer och mönsterigenkännande programvaror (Attila et al. 2020). Olika aktörer inom sjöfartsindustrin har redan börjat utveckla datainsamlings- och hanteringsteknologier som ökar på mängden data som går att samla in och effektiviteten av användningen av data.

Användningen av ett FerryBox mätningssystem i Aurora Botnia kan öka på den spatiala och temporala täckningen av övervakningsdata inom Kvarken på ett kostnadseffektivt sätt. Inkorporering av ett sådant mätsystem är beroende flera faktorer såsom personalresurser, färjans skrovform och verksamhetens långvarighet (Finlands miljöcentral, personlig kommunikation, 9 december, 2021). *In situ* övervakning på Aurora Botnia kan möjligtvis även fungera som en länk mellan sjöfartsindustrin och myndigheterna, vetenskapen och Kvarkens

marina ekosystem. Wasalines nya färja och dess förnyade affärsekosystem kommer att utveckla den regionala ekonomin och områdesutvecklingen mellan Vasa och Umeå och Finland och Sverige (Figur 7). Wasalines nya färja Aurora Botnia bildar en viktig länk i den Bottniska Korridoren mellan väst och öst. Färjans koldioxidutsläpp har minskat mycket jämfört med den gamla färjan Wasa Express. Affärsekosystemet är positionerat för att hitta lösningar som minskar på färjans miljötavtryck och effektiviserar transporten mellan Vasa och Umeå. Denna avhandling ger en initial inblick i situationen av miljöövervakningen och affärsekosystemet kring Wasalines Aurora Botnia. Fler utredningar och undersökningar borde göras på Aurora Botnias miljöeffekter, den marina miljöövervakningens effektivitet och på utvecklingsmöjligheterna inom Wasalines affärsekosystem. En bredare undersökning på nuvarande datainsamlingsförmågor och användbara sensorer i sjöfartsindustrin kan ge oss nya lösningar inom marin miljöövervakning.

Tackord

Jag vill tacka alla som har varit med och hjälpt mig med avhandlingen, mina handledare Anna Törnroos-Remes och Magnus Hellström, Närings-, trafik- och miljöcentralen, Finlands miljöcentral, Wasaline och Wärtsilä. Jag vill också tacka min kära sambo Linn Engström.

Referenser

- A. Bonde. Närings-, trafik- och miljöcentral. Personlig kommunikation. 2021, 2 december.
- Adner, R. (2017). Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy. *Journal of management*, 43(1), 39–58.
- Ahlman, M., Alenius, P., Attila, J., Arnkil, A., Arponen, H., Below, A., ... & Zacheus, O. (2020). Seurantakäsikirja Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmaan vuosille 2020–2026.
- Airaksinen, O., & Karttunen, K. (2001). Natura 2000-luontotyyppiopas. 2. korjattu painos. Suomen ympäristökeskus.
- Andersson, A., Meier, H. E. M., Ripszam, M., Rowe, O., Wikner, J., Haglund, P., Eilola, K., Legrand, C., Figueroa, D., Paczkowska, J., Lindehoff, E., Tysklind, M., & Elmgren, R. (2015). Projected future climate change and Baltic Sea ecosystem management. *Ambio*, 44, 345–356.
- Attila, J., Dahlbo, K., Kaitala, S., Kallio, K., Kankaanpää, H., Karvinen, V., ... & Uusitalo, L. (2020). Meriseurannan tiekartta–SYKE:n ylläpitämien ja koordinoimien meren tilaseurantojen nykytila ja kehittäminen.
- BACC I author team. (2008). Assessment of climate change for the Baltic Sea basin. Regional climate studies. Springer Science & Business Media.
- Behm, Katri; Husgafvel, Roope; Hohenthal, Catharina; Pihkola, Hanna; & Vatanen, S. (2016). Carbon handprint – Communicating the good we do. *Research report*, 26.
- Berg, P., Syrjälä, H., & Laaksonen, P. (2014). Natural Uniqueness and Sustainable Tourism Business. Small Tourism Enterprises in the Finnish Kvarken Archipelago World Natural Heritage Site. *Management & Avenir*, 69(3), 187.
- Bergström, L., & Bergström, U. (1999). Species diversity and distribution of aquatic macrophytes in the Northern Quark, Baltic Sea. *Nordic Journal of Botany*, 19(3), 375–383.
- Breilin, O., Kotilainen, A., Nenonen, K., & Rasanen, M. (2005). The unique moraine morphology, stratotypes and ongoing geological processes at the Kvarken Archipelago on the land uplift area in the western coast of Finland. SPECIAL PAPER-GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND, 40, 97.
- Brumovský, M., Bečanová, J., Kohoutek, J., Thomas, H., Petersen, W., Sørensen, K., ... & Nizzetto, L. (2016). Exploring the occurrence and distribution of contaminants of emerging concern through unmanned sampling from ships of opportunity in the North Sea. *Journal of Marine Systems*, 162, 47-56.
- Brynolf, S., Fridell, E., & Andersson, K. (2014). Environmental assessment of marine fuels: liquefied natural gas, liquefied biogas, methanol and bio-methanol. *Journal of cleaner production*, 74, 86-95.

- Danovaro, R., Carugati, L., Berzano, M., Cahill, A. E., Carvalho, S., Chenuil, A., ... & Borja, A. (2016). Implementing and innovating marine monitoring approaches for assessing marine environmental status. *Frontiers in Marine Science*, 3, 213.
- Europeiska kommissionen. (2021). Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, Rådet, europeiska ekonomiska och sociala kommittén samt Regionkommittén. Om en ny strategi för en hållbar blå ekonomi i EU omställning av EU:s blå ekonomi för en hållbar framtid.
- Finlands miljöcentral. 2014. Nutrients and the amount of algae in the Baltic Sea. [https://www.ymparisto.fi/en-US/Sea/What_is_the_state_of_the_Baltic_Sea/Nutrients_and_the_amount_of_algae_in_the\(31561\)](https://www.ymparisto.fi/en-US/Sea/What_is_the_state_of_the_Baltic_Sea/Nutrients_and_the_amount_of_algae_in_the(31561)). Uppdaterad 5 april, 2022.
- Finlands miljöcentral. Personlig kommunikation, 2021, 9 december.
- Finnish Marine Research Infrastructure. (u.å.). The Consortium. <https://www.finmari-infrastructure.fi/partners/>
- Forslund, H., Eriksson, O., & Kautsky, L. (2012). Grazing and geographic range of the Baltic seaweed *Fucus radicans* (Phaeophyceae). *Marine Biology Research*, 8(4), 322-330.
- Groetsch, P. M., Simis, S. G., Eleveld, M. A., & Peters, S. W. (2016). Spring blooms in the Baltic Sea have weakened but lengthened from 2000 to 2014. *Biogeosciences*, 13(17), 4959-4973.
- Groetsch, P. M., Simis, S. G., Eleveld, M. A., & Peters, S. W. (2016). Spring blooms in the Baltic Sea have weakened but lengthened from 2000 to 2014. *Biogeosciences*, 13(17), 4959-4973.
- Grönman, K., Pajula, T., Sillman, J., Leino, M., Vatanen, S., Kasurinen, H., Soininen, A., & Soukka, R. (2019). Carbon handprint – An approach to assess the positive climate impacts of products demonstrated via renewable diesel case. *Journal of Cleaner Production*, 206, 1059–1072.
- HELCOM. (2012) Checklist of Baltic Sea Macro-species. Baltic Sea Environment Proceedings No. 130
- Hoekstra, A. Y., & Wiedmann, T. O. (2014). Humanity's unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188), 1114-1117.
- Kalyanaraman, M. (05 November 2019). Wasaline ferry: state-of-the-art propulsion, navigation and cargo systems. *Rivieramm*, [www.rivieramm.com], hämtad 29.02.2020.
- Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T., & Ekeboom, J. Havsmiljöns tillstånd i Finland 2018.
- Kraufvelin, P., Pekcan-Hekim, Z., Bergström, U., Florin, A. B., Lehikoinen, A., Mattila, J., ... & Dainys, J. (2018). Essential coastal habitats for fish in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 204, 14–30.

- Kronholm, M., Albertsson, J., & Laine, A. (2005). Bothnian Bay Life—Action Plan for the Bothnian Bay. Reports of North Ostrobothnia Regional Environment Centre, 1, 2005.
- Kvarken Link. (2020, 23 december). *Kvarken Link sells the ferry M/S Wasa Express to UME Shipping*. <https://aurorabotnia.wasaline.com/press/kvarken-link-sells-the-ferry-m-s-wasa-express-to-ume-shipping/>
- Kvarken Link. (u.å). a. *The ferry*. <https://www.kvarkenlink.com/the-ferry/>
- Kvarken Link. (u.å). b. *Wärtsilä*. <https://aurorabotnia.wasaline.com/partners/wartsila/>
- Kvarken Link. Presentation. (2019). *Building a new generation M/S Aurora Bothnia*. <https://www.kvarkenlink.com/wp-content/uploads//2020/02/Kvarken-Link-presentation-FEB-2020-1.pdf>
- Kvarken Ports. (u.å). Kvarken Ports driver och utvecklar hamnarna i Umeå och Vasa. <https://kvarkenports.com/umea/omoss.4.4117ebf317b9aa1fe011e4.html>
- Kvarkenrådet. (2018). Årsberättelse 2018. *Kvarkenrådet*, 11.
- Käkränen O. 2019. Vaasan edustan merialueen vedenlaatutarkkailu vuonna 2018. KVVY Tutkimus Oy. Tutkimusraportti nro 637/19, 42 s.
- Lappalainen, J., Kurvinen, L., & Kuismanen, L. (2020). Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (EMMA)—Finlands ekologiskt betydelsefulla marina undervattensmiljöer (EMMA).
- Laurila-Pant, M., Lehikoinen, A., Uusitalo, L., & Venesjärvi, R. (2015). How to value biodiversity in environmental management? *Ecological indicators*, 55, 1–11.
- Lee, K. M., & Inaba, A. (2004). Life cycle assessment: best practices of ISO 14040 series. Center for Ecodesign and LCA (CEL), Ajou University.
- Lindström, M., & Sikström, T. (u.å). Midway Alignment of the Bothnian Corridor. <http://midwayalignment.eu/content/uploads/Midway-alignment-faktablad-flyer-A4-SV-lowres-23.pdf>
- Macovei, V. A., Petersen, W., Brix, H., & Voynova, Y. G. (2021). Reduced ocean carbon sink in the south and central North Sea (2014–2018) revealed from FerryBox observations. *Geophysical Research Letters*, 48(11), e2021GL092645.
- Meier, M., Eilola, K., Gustavsson, B. G., Kuznetsov, I., Neumann, T., & Savchuk, O. P. (2012). Uncertainty assessment of projected ecological quality indicators in future climate. SMHI.
- Meiner, A. (2010). Integrated maritime policy for the European Union—consolidating coastal and marine information to support maritime spatial planning. *Journal of Coastal Conservation*, 14(1), 1-11.
- Moore, J. F. (1993). Predators and prey: a new ecology of competition. *Harvard business review*, 71(3), 75–86.

- Nordeberg, K., & Petterson, Ö. (2018). Vems hav, vems vilja? Havsplanering Och Deltagande i Kvarkenområdet, 90.
- Nygård, H., Oinonen, S., Hällfors, H. A., Lehtiniemi, M., Rantajärvi, E., & Uusitalo, L. (2016). Price vs. value of marine monitoring. *Frontiers in Marine Science*, 3, 205.
- Ollqvist, S., & Salomonson, A. (2003). Bevarande, skötsel och användning av Kvarkens naturskyddade områden-en förstudie. Rapport från Kvarken miljö-ett Interreg III A projekt, 3.
- Pajula, T., Vatanen, S., Pihkola, H., Grönman, K., Kasurinen, H., & Soukka, R. (2018). Carbon Handprint Guide.
- Petersen, W., & Colijn, F. (2017). FerryBox Whitebook.
- Philippart, C. J., Anadón, R., Danovaro, R., Dippner, J. W., Drinkwater, K. F., Hawkins, S. J., ... & Reid, P. C. (2011). Impacts of climate change on European marine ecosystems: observations, expectations and indicators. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 400(1-2), 52-69.
- Poutanen, M., & Steffen, H. (2014). Land Uplift at Kvarken Archipelago/High Coast UNESCO World Heritage area. *Geophysica*, 50(2).
- Roos, C., Rönnerberg, O., Berglund, J., & Alm, A. (2003). Long-term changes in macroalgal communities along ferry routes in a northern Baltic archipelago. *Nordic Journal of Botany*, 23(2), 247-259.
- Shenoi, R. A., Bowker, J. A., Dzielendziak, A. S., Lidtke, A. K., Zhu, G., Cheng, F., ... & Westgarth, R. (2015). Global marine technology trends 2030.
- Soomere, T. (2005). Fast ferry traffic as a qualitatively new forcing factor of environmental processes in non-tidal sea areas: a case study in Tallinn Bay, Baltic Sea. *Environmental Fluid Mechanics*, 5(4), 293-323.
- Steffen, H., & Wu, P. (2011). Glacial isostatic adjustment in Fennoscandia—a review of data and modeling. *Journal of Geodynamics*, 52(3–4), 169-204.
- Sundström, T., & Olsson, C. (2005). Västerbottens kustfågelfauna. Länsstyrelsen Västerbotten.
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska. 2022. Ferrybox. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/oceanografiska-matningar/ferrybox-1.180255>
- Toivainen, T., Metsänen, T., & Lehtiniemi, T. (2014). Lintujen päämuuttoreitit Suomessa (in Finnish) [Main migration routes of birds in Finland]. BirdLife Finland.
- United Nations Environment Programme. (2019). *Kvarken Archipelago*. Ecologically or Biologically Significant Areas (EBSAs).

- Vatanen, S., Grönman, K., Behm, K., Pajula, T., Lakanen, L., Kasurinen, H., ... & Alarotu, M. (2021). The environmental handprint approach to assessing and communicating the positive environmental impacts: Final report of the Environmental Handprint project.
- Viitasalo, M., Kostamo, K., Hallanaro, E. L., Viljanmaa, W., Kiviluoto, S., Ekebom, J., & Blankett, P. (2017). *Meren aarteet: löytöretki Suomen vedenalaisen meriluontoon. Gaudeamus*. 518 p.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth (9)*. New society publishers.
- Wasaline. Personlig kommunikation. 2022, 9 februari.
- Westin, L., & Westin, J. (2016). An appraisal of the costs and benefits of a new ferry between Umeå and Vasa. Umeå Universitet.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological economics research trends*, 1, 1-11.
- Wikner, J., & Andersson, A. (2012). Increased freshwater discharge shifts the trophic balance in the coastal zone of the northern Baltic Sea. *Global Change Biology*, 18(8), 2509-2519.
- World Heritage Committee & United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). n.d. *High Coast / Kvarken Archipelago*. <https://whc.unesco.org/en/list/898/>
- Wärtsilä. (u.å). Smart Technology Hub. *A Floating Test Lab*. <https://www.smarttechnologyhub.com/floatinglab/>

Bilaga 1

Intervjufrågorna för Närings-, trafik- och miljöcentralen

Marin miljöövervakningen:

1. Finns det data som inte mäts för att uppfölja klimatförändringens effekter i Kvarken?
2. Finns det något som inte mäts ännu men borde mätas?
3. Finns det vattenområden i Kvarken som har bristfälligt information?
4. Har ni identifierat aktiviteter som påverkar marina miljön men inte ännu uppföljs?
5. Hur behandlas övervakningsdata (vilka databaser används)?

Övervakningsaktörer

1. Vilka är viktigaste aktörer inom övervakningen i Kvarken?
2. Använder ni övervakningsdata från andra/utomstående aktörer?
3. Har ni samarbete med andra myndigheter, företag, organisationer?

Framtidsutveckling

1. Finns det brister i övervakningen?
2. Hur kommer ni utveckla övervakningen i framtiden?
3. I rapporten "Färdplan för övervakning av havets tillstånd" betonar man mycket kostnadseffektiviteten inom marin övervakning, har ni planer hur ni ska öka på kostnadseffektiviteten?
4. Hur långt har ni kunnat automatisera övervakningen?