

Svenska hamnars roll i en cirkulär ekonomi

Linea Kjellsdotter Ivert
Vendela Santén
Axel Merkel
Per Wide

vti



VTI rapport 1175
Utgivningsår 2023
vti.se/publikationer

VTI rapport 1175

Svenska hamnars roll i en cirkulär ekonomi

Linea Kjellsdotter Ivert

Vendela Santén

Axel Merkel

Per Wide

Författare: Linea Kjellsdotter Ivert, VTI, Vendela Santén, RISE, Axel Merkel, VTI och
Per Wide, RISE
Diarienummer (Reg. No., VTI): 2020/0440-7.1
Publikation: VTI rapport 1175
Utgiven av VTI 2023

Publikationsuppgifter – Publication Information

Titel/Title

Svenska hamnars roll i en cirkulär ekonomi/The role of Swedish ports in a circular economy

Författare/Author

Linea Kjellsdotter Ivert (VTI, <https://orcid.org/0000-0002-3983-8009>)

Vendela Santén (RISE, <https://orcid.org/0000-0002-9110-8150>)

Axel Merkel (VTI, <https://orcid.org/0000-0001-6347-8827>)

Per Wide (RISE, <https://orcid.org/0009-0008-2210-4368>)

Utgivare/Publisher

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut/
Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
www.vti.se/

Serie och nr/Publication No.

VTI rapport 1175

Utgivningsår/Published

2023

VTI:s diarienumr./Reg. No., VTI

Diarienumret: 2020/0440-7.1

ISSN

0347–6030

Projektnamn/Project

Svenska hamnars roll i en cirkulär ekonomi/The role of Swedish ports in a circular economy

Uppdragsgivare/Commissioned by

Trafikverket/Swedish Transport Administration

Språk/Language

Svenska/Swedish

Kort sammanfattning

För att Sverige ska kunna nå målet om att bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer krävs en omställning till ett fossilfritt transportsystem såväl som till en cirkulär ekonomi. Sjöfart har potential att matcha de behov som en ökad cirkulär ekonomi ställer och är ett energieffektivt trafikslag. Syftet med rapporten är att förstå hur sjöfart kan nyttjas i ökad utsträckning för att transportera cirkulära produkter och material och hur hamnen kan skapa mervärde i utveckling av cirkulära logistiklösningar. Metoderna som använts är: litteraturstudier, workshops och fallstudier. Rapporten bygger på resultat från forskningsprojektet "Svenska hamnars roll i en cirkulär ekonomi" (Shrek) där följande företag, organisationer och forskningsinstitut deltog: VTI, SSPA sedermera RISE, Trelleborgs hamn, Hallands hamnar, Norrköpings hamn, Oslo hamn, Ragn-Sells, Avfall Sverige samt Kretslopp och Vatten Göteborgs stad.

Rapporten identifierar cirkulära produkter och material med potential att lyfta sig i avfallstrappan och där det är lämpligt att nyttja sjöfart för transport i det cirkulära logistiksystemet. Det handlar om muddermassor, jordmassor, mineralavfall, träavfall, plastavfall, uttjänta däck, uttjänta textilier, sorterade och återvunna textilier, planglas, spillolja och flygaska. Hamnens roll vid hantering av cirkulära material studerades mer specifikt för massor, dissolvingmassa baserad på återvunna textilier, matrester och etanol. Det blev tydligt att hamnen kan skapa värde i form av lagring, konsolidering, lossning och lastning av containrar samt vara en logistiknod som erbjuder omlastningsmöjligheter mellan olika trafikslag. Hamnen känner till de lokala förutsättningarna för effektiva logistikupplägg och är en central kugge i nya aktörsnätverk. Rapporten redovisar även en beskrivning av två cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart som utvecklats och utvärderats under projektet. Det handlar dels om en demonstration av en sjötransport med kalkstabiliserad lera, dels om framtagning av beslutsunderlag för investering av en tilltänkt sorteringsmaskin av planglas i vilket logistikupplägg från ett antal olika hamnar förslogs och miljöberäkningar genomfördes.

Nyckelord

Cirkulär ekonomi, svenska hamnar, sjöfart, avfallsentreprenör, cirkulära logistiksystem.

Abstract

For Sweden to achieve the goal of becoming one of the world's first fossil-free welfare countries, a transition to a fossil-free transport system as well as to a circular economy is required. Shipping has the potential to match the needs of an increased circular economy and is an energy-efficient mode of transport. The purpose of the report is to understand how shipping can be used to a greater extent to transport circular products and materials and how the port can create value in the development of circular logistics solutions. The methods used are literature studies, workshops and case studies. The report is based on results from the research project "Swedish ports' role in a circular economy" (Shrek) in which the following companies, organizations and research institutes participated: VTI, SSPA later RISE, Port of Trelleborg, Halland Ports, Port of Norrköping, Port of Oslo, Ragn-Sells, Avfall Sverige and Kretslopp och Vatten Göteborgs stad.

The report identifies circular products and materials with the potential to move upwards in the waste hierarchy and where it is appropriate to use shipping for transport in the circular logistics system. These include dredged material, soil, mineral waste, wood waste, plastic waste, end-of-life tires, end-of-life textiles, sorted and recycled textiles, flat glass, waste oil and fly ash. The role of the port in managing circular materials was studied more specifically for aggregates, dissolving pulp based on recycled textiles, food waste and ethanol. It became clear that the port can create value in the form of storage, consolidation, stuffing and be a logistics node that offers transshipment opportunities between different modes of transport. The port knows the local conditions for efficient logistics arrangements and is central in new stakeholder networks. The report also presents a description of two circular logistics solutions involving shipping that were developed and evaluated during the project. One demonstration of a sea transport with clay. One conceptual evaluation of different logistics arrangement as support for an investment of a sorting machine of flat glass.

Keywords

Circular economy, Swedish ports, shipping, waste contractor, circular logistics systems.

Sammanfattning

För att Sverige ska kunna nå målet om att bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer krävs en omställning till ett fossilfritt transportsystem såväl som till en cirkulär ekonomi. Sjöfart har potential att matcha de behov som en ökad cirkulär ekonomi ställer samtidigt som sjöfart är ett energieffektivt trafikslag.

Syftet med rapporten är att *förstå hur sjöfart kan nyttjas i ökad utsträckning för att transportera cirkulära produkter och material och hur hamnen kan skapa mervärde i utveckling av cirkulära logistiklösningar*. Rapporten presenterar ny kunskap inom följande områden: 1) Cirkulära produkter och material. 2) Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett hamnperspektiv. 3) Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett avfallsentreprenörs perspektiv. Rapporten bygger på resultat från forskningsprojektet ”Svenska hamnars roll i en cirkulär ekonomi” (Shrek) där följande företag, organisationer och forskningsinstitut deltog: VTI, SSPA sedermera RISE, Trelleborgs hamn, Hallands hamnar, Norrköpings hamn, Oslo hamn, Ragn-Sells, Avfall Sverige samt Kretslopp och Vatten Göteborgs stad.

Cirkulära produkter och material

För att kunna besvara syftet är det viktigt att förstå vilka cirkulära produkter och material som har potential att lyfta sig i avfallstrappan och där det också skulle vara lämpligt att använda sjöfart. I projektet har vi sammanställt avfallsstatistik för att få en bättre förståelse för avfallsslag med potential att lyfta sig i avfallstrappan. Med den nationella avfallsstatistiken som bakgrund fick avfallsentreprenörerna som medverkade i projektet ta fram förslag på cirkulära produkter och material som de såg som särskilt intressanta utifrån att sjöfart skulle kunna nyttjas i ökad utsträckning för att förflytta sig i det cirkulära logistiksystemet. Dessa förslag diskuterades med forskarna och därefter fick hamnarna som medverkande i projektet ge sin input. Slutresultatet från dessa diskussioner blev en lista med följande cirkulära produkter och material: muddermassor, jordmassor, mineralavfall, förbehandlade massor, träavfall, plastavfall, uttjänta däck, uttjänta textilier, sorterade och återvunna textilier, planglas, spillolja och flygaska.

Samtliga identifierade cirkulära produkter och material innefattar lågvärdigt gods, där sjöfart skulle kunna nyttjas även om avståndet inte är långt eller volymerna är stora. Bulk och container är de sjötransportsegment som visat sig aktuella för de identifierade cirkulära produkterna och materialen, där bulk avser dedikerade transportlösningar med större volymer och container avser flexibla volymer som kan hanteras inom ramen för befintlig containertrafik. Viktigt att förstå är att de identifierade cirkulära produkterna och materialen inte är beständiga. Den snabba utvecklingen inom cirkulär ekonomi gör att nya intressanta material och cirkulära logistikkedjor kommer kunna ta plats i diskussionen framgent.

Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett hamnperspektiv

För att förstå hamnens roll i det cirkulära logistiksystemet har ett antal fallstudier genomförts. Mer specifikt handlade det om 1) Trelleborgs hamn och Oslo hamn som har erfarenhet av att transportera massor. 2) Hallands hamnar som hanterar Södras produkt OnceMore som är en dissolvingmassa baserad på återvunnet textilavfall och träråvara. 3) Norrköpings hamn som är inblandade i flera materialflöden i den industriella symbiosen Händelö Eco-Industrial Park.

Fallstudierna som genomförts under projektet har visat att hamnen kan addera värde till cirkulära produkter och material i form av lagring, konsolidering, lossning och lastning av containrar, effektiv hantering men också genom att vara en logistiknod som erbjuder omlastningsmöjligheter mellan olika trafikslag. Hallands hamnar erbjöd exempelvis lagring av OnceMore. Norrköping hamn spelade en

viktig roll genom att hantera flödena av matrester som inkom från många olika platser och via olika trafikslag till Lantmännen Agroetanols bioraffinaderi där etanol produceras.

Vilken roll hamnen kan eller vill ta ser olika ut beroende på vilken hamn man är och var i det cirkulära logistiksystemet man involveras. När det gäller typ av hamn är det intressant att notera att Trelleborg och Oslo hamn har väldigt olika syn på vilken roll de ska ta för hantering av massor. Trelleborgs hamn tillhandahåller en kajplats medan Oslo hamn lagrar och hanterar massor och undersöker möjligheter att även genomföra förbehandlingsaktiviteter. Förklaringen till dessa olika strategier har med stor sannolikhet att göra med att hamnarna har olika verksamhetsinriktning. Trelleborgs hamn är en RoRo-hamn och masshantering utgör ett litet segment medan masstransporter är det stora segmentet för Oslo hamn. Materialet och dess försörjningskedja visade sig också påverka vilken roll hamnen kan ta. Förädlade produkter som inte definieras som avfall förenklar exempelvis hantering och transport.

Hamnen visade sig även ha en viktig roll som kunskapsförmedlare. Hamnen känner till den lokala industrin och de lokala förutsättningarna för effektiva logistikupplägg och är en central kugge i detta aktörsnätverk. Hamnen kan se möjligheter kring vilka volymer som kan samordnas och kan generellt förmedla kunskap om lämpliga kontakter och föreslå effektiva lösningar till avfallsentreprenörer, som eventuellt är nybörjare i sjöfartsvärlden.

Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett avfallsentreprenörs perspektiv

För att förstå cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart utifrån ett avfallsentreprenörs perspektiv har två fallstudier genomförts. Mer specifikt handlade det om avfallsentreprenören Ragn-Sells möjlighet att nyttja sjöfart för transporter av planglas och massor.

Ragn-Sells samlar idag in planglas, vilket är en fin kvalitet av glas som används i fönster i hus och byggnader. Planglasets materialåtervinns till sämre kvaliteter och Ragn-Sells vill möjliggöra så att de blir till nytt högkvalitativt glas. En potentiell kund identifierades under projektets gång och en dialog inleddes. För att kunden skulle kunna ta emot planglasen som råvara i sin nyproduktion behöver de få glaset sorterat. Detta innebar att Ragn-Sells bestämde sig för att se över möjligheterna att investera i en sorteringsmaskin och en viktig frågeställning var att undersöka var en sorteringsmaskin skulle lokaliseras för att skapa förutsättningar för cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart. I projektet har logistiklösningar tagits fram från ett antal alternativa sorteringsanläggningar till den potentiella kundens anläggning i Tyskland. Forskarna har räknat fram miljöpåverkan med de olika uppläggen och jämfört detta med att transportera planglas på lastbil samt färja.

Ragn-Sells hanterar idag olika fraktioner av massor från byggprojekt. En fraktion som uppkommit från stora infrastrukturprojekt i Göteborgsområdet är lera. Leran kan processas genom att blanda i kalk, vilket genererar en mycket hård och eftertraktad produkt i projekt där utfyllnad behövs. I projektet framgick att behov fanns av utfyllnadsmaterial i Trelleborgs hamn då ett stort utbyggnadsprojekt av hamnen genomfördes. Den 13 juli 2021 lastades ett fartyg i Surte med 4 000 ton kalkstabiliserad lera från Ragn-Sells anläggning i Skepplanda, och dagen efter anlände fartyget till Trelleborg. Forskarna observerade lastningen i hamnen i Surte och efter genomförandet följdes erfarenheterna upp med huvudparterna genom enskilda intervjuer. Miljöberäkningar gjordes för transporten av kalkstabiliserad lera mellan Skepplanda och Trelleborg och jämfördes med alternativet att köra dessa volymer med lastbil.

Även om fallstudierna visade på en stor potential i att minska klimatpåverkan i transporterna genom att nyttja sjöfart i cirkulära logistikupplägg så medvetandegör projektet sjöfartens problematik i de lokala utsläppen, och den resa som även sjöfarten står inför för att nå helt fossilfria operationer. I detta arbete ingår även hamnarnas hållbarhetsarbete, där det just nu pågår en stark utveckling inom svenska hamnar.

Summary

For Sweden to achieve the goal of becoming one of the world's first fossil-free welfare countries, a transition to an energy-efficient transport system as well as to a circular economy is required.

Shipping has the potential to match the needs of an increased circular economy at the same time as shipping is an energy-efficient mode of transport.

The purpose of the report is to understand how shipping can be used to a greater extent to transport circular products and materials and how the port can create value in the development of circular logistics solutions. The report presents new knowledge in the following areas: 1) Circular products and materials. 2) Circular logistics solutions involving shipping from a port perspective. 3) Circular logistics solutions involving shipping from a waste contractor's perspective. The report is based on results from the research project "The role of Swedish ports in a circular economy" (SHREK) in which the following companies, organizations and research institutes participated: VTI, SSPA later RISE, Port of Trelleborg, Halland Ports, Port of Norrköping, Port of Oslo, Ragn-Sells, Avfall Sverige and Kretslopp och Vatten Göteborgs stad.

Circular products and materials

To answer the purpose, it is important to understand which circular products and materials that have the potential to move higher up in the waste hierarchy and where it would also be appropriate to use shipping. In the project, we have compiled waste statistics to gain a better understanding of waste types with the potential to move higher up in the waste hierarchy. With the national waste statistics as a background, the waste contractors involved in the project were asked to propose waste types that they saw as particularly interesting. These proposals were discussed with the researchers and thereafter the ports participating in the project were asked to provide their input.

The national waste statistics showed that there are many types of waste with the potential to move higher in the waste hierarchy. In particular, there is a great potential for many waste types in Construction and demolition waste, Municipal waste and Hazardous waste to take the step from other recycling or landfill towards material recovery and preparation for reuse. The circular products and materials identified as particularly relevant were: dredged materials, soil, mineral waste, pre-treated aggregates, wood waste, plastic waste, textile waste, tires, sorted textiles, recycled textiles, flat glass, waste oil and fly ash. All circular products and materials include low-value goods, where shipping could be used even if the distance is not long, or the volumes are large. Bulk and container are the maritime transport segments that have proved relevant for the identified circular products and materials, where bulk refers to dedicated transport solutions with larger volumes and container refers to flexible volumes that can be handled within the framework of existing container traffic. It is important to understand that the identified circular products and materials are not permanent. The rapid development of the circular economy means that new interesting materials and new circular logistics chains will be able to enter the discussion in the future.

Circular logistics solutions involving shipping from a port perspective

To understand the role of the port in the circular logistics system, several case studies have been conducted. More specifically, it has been about 1) Port of Trelleborg and Port of Oslo, which have experience of transporting aggregates. 2) Halland's ports that handle Södra's product OnceMore, which is a dissolving pulp based on recycled textile waste and wood raw material. 3) Port of Norrköping, which is involved in several material flows in the industrial symbiosis Händelö Eco-Industrial Park.

The case studies conducted have shown that the port can add value to circular products and materials in the form of storage, consolidation, stuffing, efficient handling but also by being a logistics node that offers transshipment opportunities between different modes of transport. For example, Halland's ports offered storage of OnceMore. The Port of Norrköping played an important role by managing the flows

of food waste coming from many different places and via different modes of transport to Lantmännen Agroetanol's biorefinery where ethanol is produced.

The role that the port can or wants to play differs depending on the type of port and where in the circular logistics system it is involved. When it comes to the type of port, it is interesting to note that the Port of Trelleborg and the Port of Oslo have very different views on what role they should take for handling aggregates. The Port of Trelleborg provides a berth while the Port of Oslo stores and handles aggregates and explores possibilities to also carry out pre-treatment activities. The explanation for these different strategies is most likely related to the different operational focus of the ports. The port of Trelleborg is a RoRo port and handling of aggregates is a small segment while transportation of aggregates is the large segment for the port of Oslo. The material and its supply chain also proved to influence the role the port can play. For example, processed products that are not defined as waste simplify handling and transportation.

The port was also found to have an important role as a knowledge broker. The port knows the local industry and the local conditions for efficient logistics arrangements and is a central hub in this network of actors. The port can see opportunities regarding which volumes can be coordinated and can generally provide knowledge about suitable contacts and propose effective solutions to waste contractors, who may be new to the world of shipping.

Circular logistics solutions involving shipping from a waste contractor's perspective

Two case studies focusing on the development and evaluation of circular logistics solutions involving shipping have been conducted. More specifically, it has been about the waste contractor Ragn-Sells' opportunity to use shipping for the transport of flat glass and aggregates.

Ragn-Sells currently collects flat glass, which is a fine quality of glass used in windows in houses and buildings. The flat glass is recycled into poorer qualities and Ragn-Sells wants to make it possible to turn them into new high-quality glass. A potential customer was identified during the project and a dialog was initiated. In order for the customer to receive the flat glass as a raw material in their new production, they need to have the glass sorted. This meant that Ragn-Sells decided to review the possibilities of investing in a sorting machine and an important issue was to investigate where a sorting machine should be located to create conditions for circular logistics solutions involving shipping. In the project, logistics solutions have been developed from several alternative sorting facilities to the potential customer's facility in Germany. The researchers have calculated the environmental impact of the different arrangements and compared this with transporting flat glass by truck and ferry.

Ragn-Sells currently handles various fractions of aggregates from construction projects. One fraction arising from large infrastructure projects in the Gothenburg area is clay. The clay can be processed by mixing in lime, which generates a very hard and sought-after product in projects where backfill is needed. The project showed that there was a need for backfill material in the port of Trelleborg when a major expansion project of the port was carried out. On 13 July 2021, a ship in Surte was loaded with 4000 tonnes of pre-treated clay from Ragn-Sell's facility in Skepplanda, and the next day the ship arrived in Trelleborg. The researchers observed the loading in the port of Surte and after implementation, the experience was followed up with the main actors through individual interviews. Environmental calculations were made for the sea transport of pre-treated clay and compared with the alternative of transporting these volumes by truck.

Although the case studies showed a great potential in reducing the climate impact of transport by utilizing shipping in circular logistics arrangements, the project raises awareness of shipping's problems in local emissions, and the journey that shipping also faces to achieve completely fossil-free

operations. This work also includes the ports' sustainability work, where there is currently a strong development in Swedish ports.

Förord

Denna rapport sammanfattar resultat från forskningsprojektet ”Svenska hamnars roll i en cirkulär ekonomi” (Shrek) som finansierats av Trafikverket. Projektet har pågått mellan den 1 november 2020 och den 31 maj 2023. Projektpartners är VTI, SSPA sedermera RISE (fr.o.m. 10 januari 2023), Trelleborgs hamn, Hallands hamnar, Norrköpings hamn, Oslo hamn, Ragn-Sells, Avfall Sverige samt Kretslopp och Vatten Göteborgs stad.

Linea Kjellsdotter Ivert (VTI) och Vendela Santén (SSPA/RISE) har ansvarat för datainsamling och dataanalys av fallstudier med god hjälp från hamnarna och avfallsentreprenörerna. Axel Merkel (VTI) och Sönke von Wieding (SSPA/RISE) har ansvarat för fallstudiernas tillhörande miljöberäkningar. Sabrina Brunner (VTI) och Linea Kjellsdotter Ivert (VTI) har ansvarat för sammanställning av den nationella avfallsstatistiken. Samtliga nämnda personer inklusive Per Wide (SSPA/RISE) och Jessica Wehner (VTI) har varit med och författat en konferensartikel som presenterades på en nordisk konferens inom logistik. Linea och Vendela har planerat artikeln och skrivit analys och diskussionsavsnitt medan övriga nämnda varit delaktiga i de teoretiska delarna. Linea Kjellsdotter Ivert (VTI) har varit projektledare.

Charlott Andersson och Sofia Alvelius har varit kontaktpersoner på Trafikverket.

Författarna vill rikta ett stort tack till Trafikverket som möjliggjort för detta projekt och till samtliga företag och organisationer som bidragit med värdefull kunskap till projektet genom intervjuer, deltagande på workshops, planerande och utförande av demonstrationer.

Göteborg, maj 2023

Linea Kjellsdotter Ivert
Projektledare

Granskare

Violeta Roso, Chalmers Tekniska Högskola.

De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens/författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning./The conclusions and recommendations in the report are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of VTI as a government agency.

Innehållsförteckning

Publikationsuppgifter – Publication Information	5
Kort sammanfattning.....	6
Abstract	7
Sammanfattning	8
Cirkulära produkter och material	8
Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett hamnperspektiv	8
Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett avfallsentreprenörs perspektiv	9
Summary	10
Circular products and materials	10
Circular logistics solutions involving shipping from a port perspective	10
Circular logistics solutions involving shipping from a waste contractor's perspective	11
Förord.....	13
1. Introduktion.....	16
1.1. Bakgrund och syfte	16
1.2. Fokus och avgränsningar	17
1.3. Förenklad ordlista till centrala begrepp som används i rapporten.....	19
1.4. Rapportens upplägg.....	20
2. Utgångspunkter och konceptuella ramverk.....	21
2.1. Cirkulär ekonomi	21
2.1.1. Cirkulära flöden och avfallstrappan.....	21
2.1.2. Det cirkulära logistiksystemet.....	22
2.1.3. Aktörer i det cirkulära logistiksystemet	23
2.1.4. Utmaningar i det cirkulära logistiksystemet	25
2.2. Svenska hamnar	26
2.2.1. Verksamhetsinriktning och hamnvolymer	26
2.2.2. Organisation och avgifter.....	27
2.2.3. Sjöfartens konkurrenskraft i transportsystemet.....	27
2.3. Logistikupplägg i hamnar	28
2.3.1. Godsegenskaper	28
2.3.2. Transportrelaterade aktiviteter i en hamn	28
2.3.3. Värdeadderande aktiviteter i hamnen	29
2.3.4. Aktörsrelationer	29
3. Metod.....	31
3.1. Forskningsprocess	31
3.2. Identifiering av cirkulära produkter och material	32
3.3. Fallstudier med hamnen i fokus	33
3.3.1. Trelleborgs hamn	35
3.3.2. Oslo hamn	35
3.3.3. Hallands hamnar	35
3.3.4. Norrköpings hamn	35
3.4. Fallstudier med avfallsentreprenören i fokus	36
3.4.1. Planglas	36
3.4.2. Massor.....	37

3.4.3. Miljöberäkningar	37
4. Cirkulära produkter och material.....	39
4.1. Volymer och behandlingsmetoder	39
4.2. Lämpliga cirkulära produkter och material att transportera via sjön	42
4.2.1. Kommunalt avfall	44
4.2.2. Bygg och rivningsavfall.....	45
4.2.3. Farligt avfall.....	46
5. Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett hamnperspektiv	47
5.1. Fallstudie Trelleborgs hamn.....	47
5.2. Fallstudie Hallands hamnar.....	49
5.3. Fallstudie Norrköpings hamn.....	51
6. Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett avfallsentreprenörs perspektiv	53
6.1. Fallstudie planglas.....	53
6.1.1. Beskrivning av fallstudien	53
6.1.2. Miljöberäkningar	56
6.2. Fallstudie massor.....	58
6.2.1. Beskrivning av fallstudien	58
6.2.2. Miljöberäkningar	62
7. Diskussion	64
7.1.1. Cirkulära produkter och material	64
7.1.2. Cirkulära logistiklösningar från ett hamnperspektiv.....	65
7.1.3. Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart	67
7.1.4. Fortsatt forskning.....	67
8. Slutsatser	69
Referenser	71

1. Introduktion

I detta avsnitt beskrivs bakgrund, syfte, fokus, avgränsningar, definitioner av nyckelbegrepp och rapportens upplägg.

1.1. Bakgrund och syfte

Om Sverige ska kunna nå målet om att bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer krävs en omställning till ett energieffektivt transportsystem såväl som till en cirkulär ekonomi. Transportsektorn står för nästan en tredjedel av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, varav 20% kommer från tunga lastbilar (Karlsson et al., 2020) och hälften av samhällets klimatpåverkan är relaterad till dagens linjära materialflöden, där varor produceras och kasseras i en allt snabbare takt (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Cirkulär ekonomi är ett uttryck för ekonomiska modeller och affärsmöjligheter där cirkulära kretslopp i ett företag, samhälle eller en organisation används (Hållbarhetsguiden, 2018). Det handlar om att ta hand om sina resurser på ett mer effektivt sätt (Trafikanalys, 2016:6) genom att förflytta sig uppåt i avfallstrappan, det vill säga i första hand minska förekomst av avfall, därefter återanvända, materialåtervinna, annan återvinning och till sist lägga på deponi (Miljöbalken, 1998:808). Med tanke på att den cirkulära ekonomin är tänkt att minska konsumtion och öka återanvändning och materialåtervinning är det sannolikt att en övergång till en cirkulär ekonomi kommer innebära en minskad omfattning av transporter från detaljhandeln och en ökad omfattning av transporter kopplat till de cirkulära flödena (Trafikanalys, 2016:6, Naturvårdsverket, 2018). Resultat från projektet CIRF (Kalantari et al., 2019) visar exempelvis att en ökad materialåtervinning av material som genereras i Sverige kommer medföra ett ökat behov av långväga transporter eftersom det typiskt är längre till materialåtervinnare än vad det är till värmekraftverk och deponeringsanläggningar. För många material finns inte ens materialåtervinning att finna inom landets gränser; ska materialet materialåtervinnas kommer vi behöva transportera materialet utomlands. Ett dilemma i detta sammanhang är att transportkostnaderna utgör en stor andel av det totala materialvärdet för uttjänade produkter och material (Halldorsson et al., 2019). För att lyckas lyfta sig i avfallstrappan är det därmed avgörande att transportkostnaderna hålls nere, vilket ställer stora krav på logistiken (Trafikanalys 2016:6; Kjellsdotter et al., 2018).

Sjöfart har potential att matcha de behov som en ökad cirkulär ekonomi ställer samtidigt som sjöfart är ett energieffektivt trafikslag. Varugruppen avfall är lågvärdigt gods och tillåter långa transporttider (Kalantari et al., 2019) och är en av få varugrupper där sjöfartens andel av det totala transportarbetet ökat under senare år (Takman m.fl., 2019), vilket kan indikera en potential för ytterligare överflyttning. Enligt Trafikanalys rapport 2016:7 är möjligheten för överflyttning för transporter med start eller mål utrikes som störst för varugrupperna pappersmassa, returpapper, pappersavfall, cement, kalk och byggnadsmaterial. Betydelsen av dessa varugrupper torde även innebära att det, givet rätt förutsättningar, kan finnas konkurrenskraftiga upplägg som även omfattar transporter på inre vattenvägar för kortare transporter (Trafikanalys, 2016:7).

I logistikkedjor där sjöfart ingår har hamnen en viktig roll att spela. I takt med att transportbranschen utvecklas har ramen för hamnens uppgifter utvidgats. Från att helt eller delvis ha utgått från att det är själva omlastningsprocessen som är den väsentliga delen av hamnens arbete, har många hamnar mer fått rollen som logistikcentrum där ytterligare tjänster tillhandahålls såsom omlastning mellan landbaserade transportmedel, lagerhållning samt stuvning och säkring av gods på lastbärare. I regeringsuppdraget (Garberg et al, 2016) kring utveckling av inlands- och kustsjöfart i Sverige drogs slutsatsen att det finns ett behov av hamnar där gods enkelt kan lastas och lossas för att realisera sjöfartens potential i transport av avfall- och återvinningsmaterial. För många så kallade cirkulära material och produkter, dvs avfall såväl som produkter som förberetts för återanvändning och återvunnet material är logistikkedjor ännu inte helt etablerade och det råder stora osäkerheter om vem

som ska göra vad (Dokovska-Popovska et al., 2023). Det är därmed intressant att uppehålla sig kring möjligheter för hamnen att ta sig an nya värdeadderande aktiviteter såsom uppsamling, lagring, sortering och förbehandling och genom detta utveckla sitt affärserbjudande och samtidigt bidra till en ökad cirkulär ekonomi.

Syftet med rapporten är att förstå hur sjöfart kan nyttjas i ökad utsträckning för att transportera cirkulära produkter och material och hur hamnen kan skapa mervärde i utveckling av cirkulära logistiklösningar.

Rapporten fyller flera behov och kunskapsgap genom att 1) Identifiera cirkulära produkter och material med potential att lyfta sig i avfallstrappan och där sjöfart är ett lämpligt trafikslag för att transportera materialet. 2) Utveckla och analysera cirkulära logistiklösningar där sjöfart ingår som det huvudsakliga trafikslaget. Regeringen har satt upp mål att minska växthusgasutsläppen från inrikes transporter (exklusive flyg) med 70 % till 2030 jämfört med 2010 (Regeringskansliet, 2020) och att senast år 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären (SOU 2016:47). Även om koldioxidutsläppen från godstransporter minskat med runt 20 % sedan 2010 visar flertalet prognoser att 2030 målet inte kommer nås med dagens beslutade och planerade insatser (Karlsson et al., 2020). Det kommer därför behövas stora förändringar av godstransportsystemet och insatser inom flera områden såsom exempelvis överflytt till mer energieffektiva trafikslag (ibid). Trots höga ambitioner från politiskt håll och en del incitament i denna riktning är det inte mycket gods som flyttat över från väg till sjön (Garberg och Bengtsson, 2020). Sjöfarten erbjuder möjligheter för kostnads- och energieffektiva transporter när det rör sig om större mängder gods över längre avstånd. Sjöfartens relativa brister jämfört med andra trafikslag brukar generellt gälla flexibilitet, frekvens, ledtid och pålitlighet (ledtidvariation). Tidigare studier har funnit att det framför allt är lågvärdigt/högvolum gods som tillåter längre transporttider som dominerar i sjöfartssektorn (Vierth et al., 2014). Det innebär att ju mer högvärdigt gods/mindre sändningsstorlek som transporteras eller ju högre krav på kort ledtid, hög avgångsfrekvens eller låg ledtidvariation, desto svårare är det att åstadkomma en överflyttning. Cirkulära produkter och material torde vara ett segment som lämpar sig för sjöfart men det saknas kunskap om vilka produkter och material det handlar om. I rapporten identifieras cirkulära produkter och material med potential att lyfta sig i avfallstrappan och där potentialen är hög för användning av sjöfart.

För att nå 2030 och 2045 målet kommer det också vara viktigt att tänka till gällande nya trender, såsom cirkulär ekonomi, så att vi utvecklar logistiklösningar som möjliggör för hög transport- och energieffektivitet (Karlsson et al., 2020). Det saknas dock kunskap om hur denna typ av logistiklösningar skulle kunna se ut, för- och nackdelar med dessa upplägg och vad som behövs för att få dem att fungera. I rapporten identifieras förutsättningar, möjligheter och utmaningar kopplat till utvecklingen av cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart. Även om sjöfart används i stor utsträckning för import av sopor som ska energiåtervinnas i Sverige (Fråne et al, 2016) används inte sjöfart i lika hög utsträckning för att transportera gods som genereras i Sverige och ska lyfta sig i avfallstrappan. Uttjänta produkter och material som ska återanvändas eller materialåtervinnas ställer helt andra krav på logistiken än produkter och material som ska energiåtervinnas. Detta projekt ämnar generera kunskap om hur cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart kan utformas, vilket är av betydelse för såväl sjöfartsbranschen, avfallsbranschen som samhället i stort.

1.2. Fokus och avgränsningar

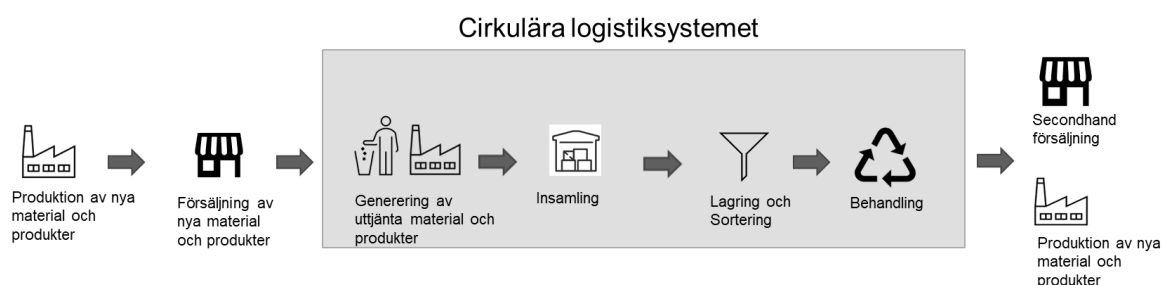
Den här studien fokuserar på användning av sjöfart för att transportera cirkulära produkter och material och hamnens roll i att erbjuda cirkulära logistiklösningar. Ett antal begrepp är i detta sammanhang viktiga att definiera upp.

Cirkulära produkter och material innefattar i denna rapport uttjänta produkter och material såväl som produkter som förberetts för återanvändning och återvunnet material.

- Uttjänta produkter och material är att betrakta som avfall enligt definitionen ”alla föremål eller ämnen som innehavaren vill göra sig av med eller är skyldig att göra sig av med” (SMED, 2022).
- Produkter som förberetts för återanvändning och återvunnet material är däremot inte alltid att betrakta som ett avfall.

Det är viktigt att veta när ett avfall upphör att vara avfall och övergår till att bli en produkt/ett material eftersom avfall omfattas av särskilda bestämmelser (Naturvårdsverket, 2023). Det kan exempelvis handla om regler för transporter. Kontrollen av avsändare, mottagare, behandling, transport är reglerad och följs upp av myndigheter (ibid). Att återvinna avfall så det upphör att vara avfall kan i vissa fall innebära flera återvinningssteg på olika anläggningar och komplicerade processer medan det i andra fall räcker med en provtagning som visar att avfallet har motsvarande egenskaper som andra produkter på marknaden. Att materialåtervinna avfall innebär dock alltid att ett avfall blivit en produkt och inte längre är att betrakta som avfall (ibid). Det är den som återvinner avfall som ska avgöra om den behandling som genomförts inneburit att avfallet upphört att vara avfall och övergått till att bli en produkt. *Genom att använda begreppet ”Cirkulära produkter och material” vill vi poängtera att vi inte endast tittar på avfall utan också på material/produkter som är ett resultat av en återvinningsprocess och inte längre definieras som avfall.*

Cirkulära logistiklösningar avser i denna rapport logistikaktiviteter som kopplar till hantering av cirkulära produkter och material. Som synes i Figur 1 startar det cirkulära logistiksystemet när en användare (privatperson eller företag) anser att sin produkt/sitt material inte längre är önskvärd och därmed definieras som avfall. Aktiviteten insamling avser att ta emot eller hämta upp avfallet. Lagring och sortering innebär att materialet som samlats in sorteras och kvalitetskontrolleras. Behandling innefattar olika behandlingsmetoder såsom förberedning för återanvändning, materialåtervinning, annan återvinning och bortskaffande (Miljöbalk, 1998:808). Fokus i rapporten är på behandlingsformerna *återanvändning* och *materialåtervinning* då dessa är de översta stegen i avfallstrappan kopplat till det cirkulära logistiksystemet. Det högsta steget ”minska förekomst av avfall” kopplar till minskad konsumtion, smart design och effektiva produktionsprocesser (Kjellsdotter Ivert et al., 2018) och är således inte en del av det cirkulära logistiksystemet. När avfallet förädlats kommer det i bästa fall tillbaka till den traditionella försörjningskedjan som en produkt som kan återanvändas eller som en råvara som kan användas i tillverkning av nya material och produkter. Det finns ett antal nyckelaktörer i det cirkulära systemet och en sådan är *avfallsentreprenören*, det vill säga den aktör som samlar in och behandlar avfallet (Naturvårdsverket, 2020). Avfallsentreprenören har ett särskilt fokus i denna rapport.



Figur 1: En illustration av det cirkulära logistiksystemet (egen bild).

Sjöfart avser i denna rapport transport av gods (ej personer) som sker på vatten och mer specifikt transport av cirkulära produkter och material. I rapporten tittar vi framför allt på avfall som uppstått i Sverige och ska förädlas i det cirkulära logistiksystemet. I undantagsfall kan avfall ha uppstått i annat land och transporterats till Sverige för vidare förädling. Ambitionen är att pilarna i Figur 1 i största möjliga mån sker via sjöfart. Det kan handla om att transportera godset inom Sveriges gränser eller till andra europeiska länder.

Sjöfartstransporter sker med olika typer av fartyg som vanligen delas upp beroende på dess funktion, vilken typ av last eller vilket lasthanteringssystem som används (Transportstyrelsen, 2023). I denna rapport fokuserar vi på cirkulära logistiksystem där sjöfart med bulkfartyg, containerfartyg och tankfartyg nyttjas i transporten och där hamnens roll varit central för att möjliggöra byte av transportslag. Vi har inte fokuserat på Rorofartyg där lasten rullas ombord på stora öppna däck, aningen på egna hjul eller förpackad på lastbärare som transporteras med trailers.

I rapporten har vi fokus på svenska **hamnar** och det är hamnarna som ingått i projektet ”Svenska hamnars roll i en cirkulär ekonomi” (SHREK) och som denna rapport baseras på som till stor del styrt de cirkulära produkter och material som fått särskilt fokus i rapporten. Hamnarna består av; Trelleborgs hamn, Oslo hamn, Norrköping hamn och Hallands hamnar. Oslo hamn har stor erfarenhet av transport av avfall med inrikes sjöfart och därför har vi ansett att det varit värdefullt att Oslo varit med i projektet trots att de inte är en svensk hamn. Dessutom så är det inte ovanligt att svenska avfallsentreprenörer också verkar på den norska marknaden.

1.3. Förenklad ordlista till centrala begrepp som används i rapporten

Avfall: Alla föremål eller ämnen som innehavaren vill göra sig av med eller är skyldig att göra sig av med. Avfallsdefinitionen är gemensam för EU och definieras i avfallsdirektiv 2008/98/ EG. (SMED, 2022).

Avfallsproducent: Den som ger upphov till avfall (Miljöbalk, 1998:808), det vill säga privatpersoner såväl som verksamhetsutövare.

Avfallsentreprenör: Den aktör som samlar in och/eller behandlar avfallet.

Avfallstrappan: Styr hur avfall ska tas om hand och regleras i ramdirektivet om avfall och är implementerad i svensk lagstiftning genom olika bestämmelser i miljölagstiftningen (Avfall Sverige, 2023). Den innebär att avfall i första hand ska förebyggas. I andra hand ska den som genererar eller behandlar avfall säkerställa att det återvinns genom att förberedas för återanvändning, i tredje hand att det materialåtervinns, i fjärde hand återvinns på annat sätt och i sista hand bortskaffas. (SMED, 2020).

Bygg- och rivningsavfall: Kommer främst från bygg-, rivning-, eller anläggningsarbeten inklusive uppgrävda massor från förorenade markområden. I stor utsträckning kommer bygg- och rivningsavfall från byggbranschen, men statistiken inkluderar även andra branscher och hushåll.

Cirkulär ekonomi: Ett uttryck för ekonomiska modeller och affärsmöjligheter där cirkulära kretslopp i ett företag, samhälle eller en organisation används (Hållbarhetsguiden, 2018). Det handlar om att ta hand om sina resurser på ett mer effektivt sätt (Trafikanalys, 2016:6).

Cirkulära logistiklösningar: Avser i denna rapport logistikaktiviteter som kopplar till hantering av cirkulära produkter och material.

Cirkulära produkter och material: Avser i denna rapport uttjänta produkter och material såväl som produkter som förberetts för återanvändning och återvunnet material.

Farligt avfall: Allt som kan vara giftigt, cancerframkallande, frätande, miljöfarligt, smittförande eller brandfarligt. I ett vanligt hushåll kan det med andra ord handla om kemikalier, färger, lösningsmedel, läkemedel och växtskyddsmedel.

Kommunalt avfall: Avfall från hushåll och sådant avfall från andra källor som till sin art och sammanställning liknar avfall från hushåll. (Naturvårdsverket, 2020).

Materialåtervinning: Innebär att upparbeta avfall till nya ämnen eller föremål som inte ska användas som bränsle eller fyllnadsmaterial (Miljöbalk, 1998:808). Materialåtervinning omfattar konventionell återvinning, rötning, kompostering och annan materialåtervinning (exempelvis återvinning av metaller från stoft och aska). (SMED, 2022).

Primärt avfall: Kallas det avfall som uppkommer i samband med produktion, i hushållssektorn eller hos tjänsteproducenter (SMED, 2022).

Sekundärt avfall: Avfall som uppkommer i samband med avfallsbehandling, exempelvis aska från avfallsförbränning (SMED, 2022).

Uppkommet avfall: Termen används i avfallsstatistiksammanhang och innebär att avfall uppstår. Ibland används termen genererat och/eller producerat avfall för samma sak. (SMED, 2022).

Varuägare: är i ett traditionellt/linjärt logistiksystem typiskt ett industri- eller handelsföretag men kan också vara en privatperson. I ett cirkulärt logistiksystem kan det dessutom vara en kommun, en producent, en avfallsentreprenör eller en privatperson. Det är varuägaren som skapar efterfrågan på transporter genom behovet att förflytta komponenter, material och produkter mellan olika processer och för att tillgängliggöra och distribuera produkter till kunder och konsumenter. Beroende på typ av gods och flöde kan en varuägare välja att antingen köpa transporter eller skapa en egen transportlösning. (Karlsson et al., 2020).

Återanvändning: Innebär att en produkt som anses förbrukad får en annan användning ofta utan någon bearbetning eller förändring (Kjellsdotter Ivert et al., 2018).

1.4. Rapportens upplägg

Rapporten bygger på resultat från SHREK projektet och är uppdelad på följande sätt:

- Kapitel 1 beskriver bakgrund, syfte, fokus och avgränsningar samt presenterar en förenklad ordlista till centrala begrepp som används i rapporten.
- Kapitel 2 presenterar de teoretiska utgångspunkter som rapporten lutar sig på.
- Kapitel 3 redogör för arbetsprocessen samt beskriver hur data samlats in och analyserats.
- Kapitel 4 presenterar delresultat i form av vilka cirkulära produkter och material som har potential att lyfta sig i avfallstrappan och som är lämpliga att transportera via sjöfart.
- Kapitel 5 presenterar delresultat i form av ett antal fallstudier av cirkulära logistiklösningar från ett hamnperspektiv.
- Kapitel 6 presenterar delresultat i form av ett par fallstudier av sjöfartslösningar för cirkulära produkter och material ur ett avfallsentreprenörsperspektiv.
- Kapitel 7 diskuterar resultat och besvarar syftet.
- Kapitel 8 sammanfattar rapportens huvudresultat och slutsatser.

2. Utgångspunkter och konceptuella ramverk

I detta avsnitt presenteras centrala begrepp, teoretiska utgångspunkter och konceptuella ramverk som är viktiga för att förstå rapporten och som använts för att strukturera datainsamling och dataanalys.

2.1. Cirkulär ekonomi

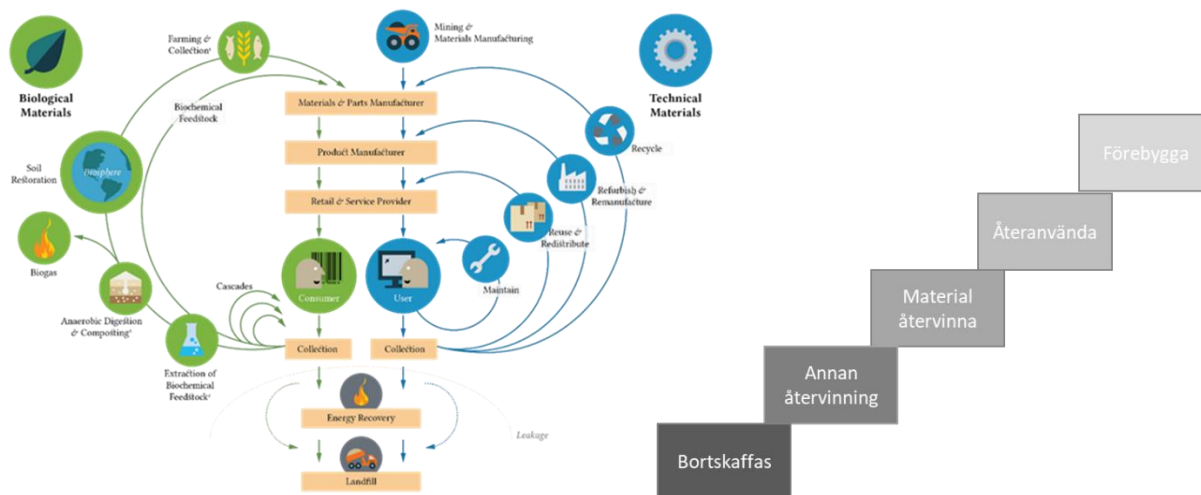
Cirkulär ekonomi är egentligen ett nygammalt sätt att tänka som innebär att ta hand om resurser på ett mer effektivt och hållbart sätt (Trafikverket, 2022). Vi lämnar det traditionella slit och slängsamhället, den så kallade linjära ekonomin, som är uppbyggd kring produkter med en livscykel (SOU, 2017:22). I en cirkulär ekonomi återanvänds eller återskapas resurser med så högt värde som möjligt och under en så lång tid som möjligt. Att jordens resurser inte är oändliga blir allt mer påtagligt och ett bevis är de högre råvarupriserna som i sin tur bäddat för ett ökat intresse för cirkulär ekonomi (Trafikanalys, 2016:6). Samtidigt går omställningen långsamt. Den nuvarande världsekonomin har uppmätts till 8,6 % procent cirkulär och den svenska ekonomin till 3,4% cirkulär (Re:Source, 2022), vilket tyder på att det fortfarande finns mycket arbete kvar att göra. I detta avsnitt beskrivs cirkulära flöden och avfallstrappan. Det cirkulära logistiksystemet presenteras med dess aktiviteter, aktörer och utmaningar.

2.1.1. Cirkulära flöden och avfallstrappan

Ett vanligt sätt att illustrera cirkulär ekonomi är via en biologisk och en teknisk cykel där produkter, komponenter och material cirkulerar tillbaka till den traditionella/linjära försörjningskedjan (vänster del av Figur 2). Principen är att ju längre produkter och komponenter kan cirkuleras ”som det är” desto lägre kostnader för material, arbete och energi för produkten som helhet under dess totala livscykel (Trafikanalys, 2016:6). Produkter och material kan inte cirkuleras hur länge som helst och en del material vill vi inte ha tillbaka i kretsloppet. Därför finns aktiviteterna energiåtervinning och deponi.

I den **biologiska cykeln** (höger sidan av Figur 2) cirkulerar mat och biobaserade material. Dessa produkter är designade för att återgå till biosfären genom kompostering och rötning för framställning av gödsel eller biogas. När material återförs skapas nytt förnybart material som kan användas för att tillverka nya produkter. I den **tekniska cykeln** (vänster sida i Figur 2) cirkulerar produkter, komponenter och material som är designade för att kunna bli näring till industriella processer. I den yttersta cirkeln sker återvinning av material så att de kan tas tillbaka till produktionen igen som råvaror. I cirkeln därefter handlar det om återtillverkning, dvs produkter renoveras upp så de kan användas på nytt. Därefter kommer återanvändning och sist underhåll.

En annan välkänd modell som ofta används när man pratar om cirkulär ekonomi är **avfallstrappan** som styr hur avfall ska tas om hand (höger del av Figur 2). Avfallstrappan regleras i ramdirektivet om avfall och är implementerad i svensk lagstiftning genom olika bestämmelser i miljölagstiftningen (Avfall Sverige, 2023). Den innebär att avfall i första hand ska förebyggas. I andra hand ska den som genererar eller behandlar avfall säkerställa att det återvinns genom att förberedas för återanvändning, i tredje hand att det materialåtervinns, i fjärde hand återvinns på annat sätt och i sista hand bortskaffas. (SMED, 2020).

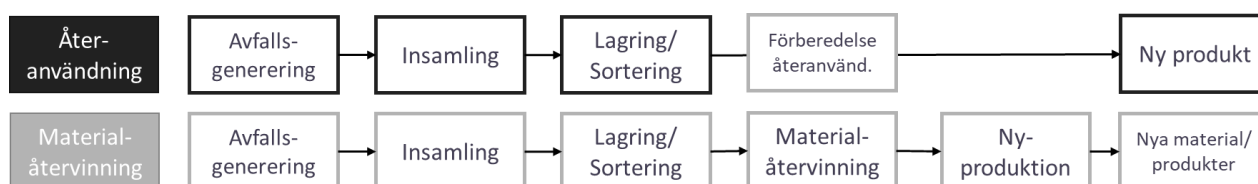


Figur 2: Till vänster schematisk bild på cirkulär ekonomi framtagen av Ellen MacArthur Foundation samt till höger bild över Avfallstrappan (egen bild).

2.1.2. Det cirkulära logistiksystemet

Utformningen av det cirkulära logistiksystemet (Figur 1), det vill säga vilka aktiviteter och vilka aktörer som kommer ingå i systemet, beror på: 1) vad som kan göras med produkten, vilket är tydligt kopplat till avfallstrappan (Fleischmann et al., 2000), 2) vilken produkt/vilket material vi har att göra med (Kjellsdotter Ivert et al., 2018).

Figur 3 är ett exempel över aktiviteter i det cirkulära logistiksystemet beroende på användningsområde i den tekniska cykeln. Figuren visar återanvändning och materialåtervinning då dessa är i fokus i denna rapport. Som synes i figuren skiljer sig aktiviteterna åt. Både återanvändning och materialåtervinning kräver någon form av insamling så att de uttjänta produkterna/material kommer in i det cirkulära logistiksystemet. Avfallet behöver därefter lagras och sorteras på ett eller annat sätt. För återanvändning handlar det om att bedöma produktens kvalitet samt eventuell rengöring medan det för materialåtervinning typiskt handlar om att sortera upp materialet samt eventuell rengöring. Produkter som ska återanvändas förbereds för detta, exempelvis kan det handla om någon enklare reparation, därefter säljs de för användning. Material som ska materialåtervinnas behöver genomgå en materialåtervinningsprocess innan de kan användas som råvara i nyproduktion och bli till nytt material/ny produkt. Aktiviteten materialåtervinning kan vara mer eller mindre omfattande beroende på vilket material vi har att göra med och vilken materialåtervinningsprocess som används (Naturvårdsverket, 2020).



Figur 3: Aktiviteter i det cirkulära logistiksystemet kopplat till användningsområde för produkten (egen bild).

Gällande **aktörer** som ingår i de cirkulära flödena för återanvändning och materialåtervinning så skiljer sig även detta åt. För återanvändning i dess enklaste form sker insamling, lagring/sortering och försäljning mellan användare utan någon inblandning av ytterligare aktörer. Så är exempelvis fallet när en dator eller en bil säljs på Blocket av en användare till en annan. Men det kan också vara så att det finns en eller flera yrkesmässigt verksamma aktörer i det cirkulära logistiksystemet. För en del produkter, såsom en del elektriska produkter och kläder, uppmanar exempelvis en del återförsäljare

sina kunder att lämna in sina uttjänta produkter så att de kan sortera upp produkter och förbereda dessa för återanvändning.

När det kommer till materialåtervinning så krävs typiskt ett antal yrkesmässigt verksamma aktörer som beroende på vilken produkt/material vi har att göra med tar sig an olika många aktiviteter. För byggavfall ska enligt avfallsförordningen (2020:614) ett antal avfallsslag sorteras ut på platsen där det uppkommer, vilket innebär att avfallet till stor del sorteras av byggföretagen. Avfallet samlas därefter in och återvinns av en avfallsentreprenör. För personbilar demonteras delar som kan återanvändas av demonteringsföretag medan karossen skickas till fragmenteringsanläggningar där de sorteras och materialåtervinns (Kjellsdotter Ivert et al., 2018).

Vilka aktörer som är involverade i de cirkulära flödena bestäms även av typ av avfall, vilket i sin tur är reglerat i lagstiftningen, via miljöbalken och avfallsförordningen (Avfall Sverige, 2023). För så kallat **kommunalt avfall** är det kommunerna som är ansvariga för att samla in, hantera och behandla avfallet, med undantag av det avfall som omfattas av producentansvaret (Naturvårdsverket, 2020). Producentansvar har funnits sedan 1990-talet och syftar till att den som bidrar med miljöproblem också ska bidra med lösningar (Naturvårdsverket, 2023b). Produkten som omfattas av producentansvar är (Naturvårdsverket, 2020; SMED, 2022): Förpackningar, Batterier, Elutrustning, Bilar, Däck, Läkemedel, Radioaktiva produkter och herrelösa strålkällor. Dessutom finns det frivilliga åtagande som liknar producentansvar för lantbruksplast. Regeringen beslutade 2022 nya regler för förpackningsinsamlingen som innebär att kommunerna år 2024 tar över ansvaret att samla in förpackningsavfall från hushållen (Stockholm Vatten och Avfall, 2023).

För **verksamhetsavfall** är det upp till verksamhetsutövaren att bestämma vem som ska ha ansvar för insamling, hantering och behandling av avfallet, vilket öppnar upp marknaden för fler aktörer. Samtidigt kan det också bidra till större läckage i form av att avfall tar andra vägar än avsedda. En del fraktioner styrs hårt av lagstiftning som sätter ramar för hur produkter och material ska samlas in och hanteras. Andra fraktioner har ett relativt andra avfallsslag stort produkt- och materialvärde, vilket ger en viss flexibilitet gällande insamling och hantering. Svårast är det för de fraktioner där det verken finns tvingande lagstiftning eller ekonomiska incitament. (Kjellsdotter Ivert et al, 2018).

2.1.3. Aktörer i det cirkulära logistiksystemet

Även om antalet aktörer och hur många aktiviteter en aktör tar sig an skiljer sig åt för olika typer av avfall och vad som kan göras med produkten så kan man identifiera ett antal nyckelaktörer inom avfallssektorn (Naturvårdsverket, 2020). Se Figur 4:

- **Avfallsproducent:** Den som ger upphov till avfall (Miljöbalk, 1998:808). Alla som ger upphov till avfall, dvs privatpersoner såväl som verksamhetsutövare, är skyldiga att se till att det hanteras enligt gällande regler.
- **Kommunen:** Sveriges 290 kommuner ansvarar för insamling och hantering av det kommunala avfallet (tidigare hushållsavfall) förutom de avfallsfraktioner som omfattas av producentansvaret. Det avfall som kommunen ansvarar för får inte hanteras på annat sätt än genom kommunens försorg, vilket innebär att kommunen har ansvar men också ägorätt till avfallet. Kommuner arbetar i varierande utsträckning med avfallsförebyggande åtgärder. På allt fler återvinningscentraler finns möjlighet för hushållen att lämna ifrån sig saker som kan komma till nytta för någon annan, exempelvis möbler, kläder och prydnadsföremål. Insamlingen för återanvändning sker ofta i samarbete med olika organisationer, exempelvis som för textilier med ideella aktörer.
- **Producent:** Den som yrkesmässigt tillverkar, för in till Sverige eller säljer en vara eller en förpackning i Sverige. Producenter ansvarar för avfallshantering av de produkter som ingår i deras producentansvar. Producenternas skyldigheter och rättigheter beskrivs i särskilda förordningar. Med ansvaret följer skyldigheten att samla in och hantera avfallet på ett hälso-

och miljömässigt godtagbart sätt. Syftet med producentansvaret är att motivera producenterna att ta fram hållbara produkter som är lätta att återvinna. Inom alla producentansvar har producenterna skyldighet att tillhandahålla insamling, även om de uppdrar detta åt någon annan part. I övrigt är producenter ansvariga för det avfall som de ger upphov till (exempelvis uppstår ofta en hel del avfall under produktionsprocessen) och är då att betrakta som en avfallsproducent. En del producenter är engagerade i insamling och återvinning av de produkter som sålts på marknaden även om det inte är producentansvarsprodukter.

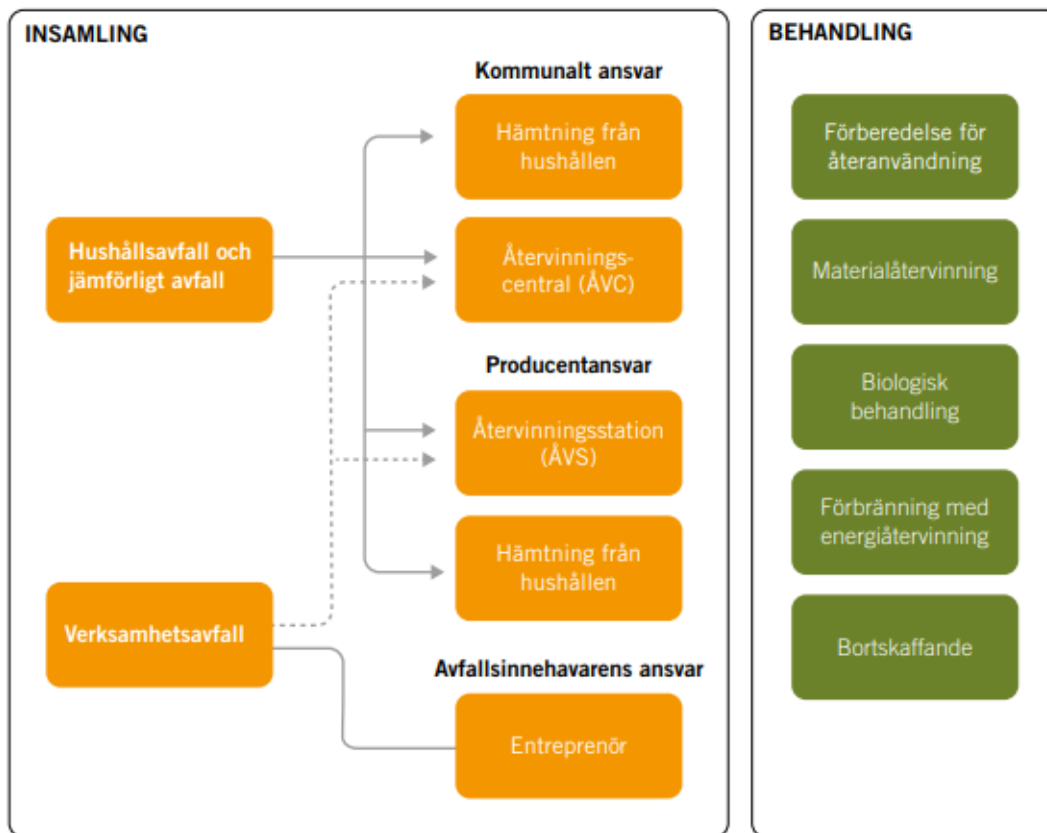
- **Producentansvarsorganisation (PRO):** Yrkesorganisationer som har tillstånd att ta ansvar för hantering av producentansvarsprodukter på uppdrag av producenten eller ett konsortium av producenter. En PRO måste typiskt få godkännande från Naturvårdsverket och det är viktigt att det finns en plan för hur insamlingssystemet ska organiseras och hur insamlings och återvinningsmål ska nås. Ett exempel på en PRO är El-kretsen som på uppdrag av elproducenterna erbjuder ett rikstäckande insamlingssystem för elektronikprodukter (Elkretsen, 2023).
- **Avfallsentreprenörer:** Erbjuder servicetjänster till såväl kommuner som till producenter för att samla in och behandla avfall. Omfattningen och inriktningen på företag som hanterar avfall varierar från småskaligt till storskaligt. Ett flertal företag utför såväl insamling som behandling medan andra är inriktade på endast insamling eller behandling av specifika avfallskategorier. Avfallsbehandling sker i specifika avfallsanläggningar såväl som i olika industrieanläggningar (SMED, 2020). Exempel på avfallsanläggningar är deponier, anläggningar för avfallsförbränning, deponering, kompostering och rötning. Exempel på övriga industrieanläggningar som behandlar avfall är cementindustrier som förbränner avfall i tillverkningsprocessen samt stålverk och pappersbruk som använder skrot respektive returpapper i sin tillverkning. (SMED, 2020). Kommunala bolag dominerar marknaden för behandling av avfall då de driver majoriteten av anläggningarna för biologisk behandling, avfallsförbränning och deponier. I den nationella avfallsstatistiken ingår uppgifter om behandlat avfall från 1 767 anläggningar (SMED, 2020).

Insamling av *kommunalt avfall* sker i kommunens regi eller genom att en extern entreprenör anlitas. Entreprenörerna är främst privata aktörer även om det också finns offentliga. Insamling av producentansvarsprodukter sköts till största delen av en PRO. *Verksamhetsavfall* hanteras i huvudsak genom privata entreprenörer vad gäller insamling och återvinning.

Betalningsmodellen ser lite olika ut för kommunalt avfall, producentansvarsprodukter och verksamhetsavfall. Gällande det kommunala avfallet så får kommunerna in pengar till avfallshantering via en separat avgift från berörda fastighetsägare. De flesta kommuner använder ett avgiftssystem som är volymbaserat vilket innebär att hushållen betalar för sopkärlens volym och hämtningsintervall. För producentansvarsprodukter läggs kostnaden till inköpspriset på produkten. För verksamhetsavfall behöver verksamhetsutövaren typiskt betala för att få sitt avfall insamlat och behandlat men för en del verksamheter är fraktionerna så pass rena att avfallet kan användas som råvara vid produktion av nya produkter direkt vilket kan leda till att verksamhetsutövaren får betalt för hämtning av dessa fraktioner.

- **Transportör:** Är den aktör som utför transporter såsom åkerier, tågoperatörer, rederier och flygbolag (Karlsson et al., 2020). Transportörer kommer ofta in i det cirkulära logistiksystemet genom att leverera godset enligt vad som avtalats med kunden. Transportören kan upphandlas av en avfallentreprenör, en producent eller en PRO och typiskt är transportören inte specialiserad på avfall utan levererar alla möjliga typer av gods.
- **Centrala myndigheter:** Länsstyrelserna har en tillsynsroll såväl som en främjande roll genom att verka för att miljömål uppfylls. Naturvårdsverket är ansvariga för att ta fram föreskrifter och vägledning inom avfallsområdet och samverkar med länsstyrelserna och kommunerna för

att stödja tillsynsarbetet. Naturvårdsverket är även ansvarig myndighet när det gäller avfall som transporteras över Sveriges gränser. Det innebär att Naturvårdsverket godkänner eller avvisar transporter.



Figur 4: Schematisk bild av aktörerna inom avfallssektorn, Naturvårdsverket (2020).

2.1.4. Utmaningar i det cirkulära logistiksystemet

I det cirkulära logistiksystemet samlas uttjänta produkter och material in från avfallsproducenten (privatpersoner och verksamhetsutövare) till motsats från den traditionell logistiken då nya produkter distribueras till privatpersoner och verksamhetsutövare (Flygansvaer et al., 2021). Avfallsproducenten agerar på många sätt som en leverantör genom att lämna ifrån sig uttjänta produkter och material som blir input i nya processer. Samtidigt agerar sällan avfallsproducenten som en leverantör och det kan vara svårt att få hen att lämna ifrån sig sin produkt/sitt material (ibid). Forskning visar att tillgänglighet och enkelhet är viktiga delar för att nå höga insamlingsgrader (Halldorsson et al., 2019). Till exempel tenderar privatpersoner vara mer benägna att lämna ifrån sig sitt avfall om det är nära till en insamlingsplats och chanserna att avfallet hamnar i rätt kärl vid insamlingsplatsen är större om det är rent och snyggt (Flygansvaer et al., 2021). Detta innebär dock ökade kostnader för avfallsentreprenören.

Ett dilemma med cirkulära produkter och material är att de har ett relativt lågt materialvärde (Halldorsson et al, 2020; Jäämaa och Kapia, 2022). Det gäller därmed att hålla nere logistikkostnaderna för att kunna konkurrera med nyproducerade produkter och jungfruliga material (Halldorsson et al., 2019). Samtidigt är det dyrt att samla in, hantera och behandla uttjänta produkter och material (Kjellsdotter Ivert et al., 2018). Transporten utgör en stor kostnadspost inte minst i insamlingen eftersom avfallet typiskt finns utspritt i små volymer på många platser vilket gör det svårt att erhålla höga fyllnadsgrader (Halldorsson et al., 2019). Oavsett om vi talar återanvändning eller materialåtervinning så råder stora obalanser mellan utbud och efterfrågan (Jäämaa and Kaipia, 2022).

Man styr inte på samma sätt som i den traditionella kedjan utan får ta det man får, både i termer av kvalitet och kvantitet vilket gör det svårt att matcha utbud med efterfrågan (Fleischmann et al., 2000). Dessutom är det inte alltid givet att det finns en efterfrågan på materialet (Kjellsdotter Ivert et al., 2018).

En ytterligare utmaning kopplat till den cirkulära logistiken är att det kan vara svårt med rollfördelning. Det gäller att hitta så kallade "win-win" lösningar så att den som tillverkat en produkt som håller länge och är lätt att demontera och återvinna också vinner på detta så att man inte endast får betalt för en livcykel medan andra aktörer kommer in och tjänar pengar på återanvändning och återvinning (Kjellsdotter Ivert et al., 2018).

2.2. Svenska hamnar

Det finns ett drygt hundratal hamnar i Sverige varav ett drygt 50-tal är utpekade som anmäla hamnar (Trafikanalys, 2019). Allmänna hamnar är öppna för all sjöfart inom ramen för hamnens djup och kapacitet. Närmare 80% av all trafik i fraktat gods och passagerare över de svenska hamnarna går via de allmänna hamnarna. Därutöver tillkommer ett antal industrihamnar som är sammankopplade till närliggande industri med ett begränsat antal godsslag. I detta avsnitt beskrivs delarna verksamhetsinriktning och hamnvolymer, organisation och avgifter för svenska hamnar samt sjöfartens konkurrenskraft i transportsystemet.

2.2.1. Verksamhetsinriktning och hamnvolymer

Hamnar som hanterar gods i Sverige kan kategoriseras utifrån vilken typ av gods de hanterar, såsom bulkhamn som hanterar torrbulk (grus, malm, kol etc.) eller flytande bulk (olja), containerterminal som hanterar containrar, RoRo-terminal där lastenheter rullas av och på fartyg (t.ex. via semi-trailer), samt fordonsterminal som hanterar fordon (Nilsson, 2011). Oftast hanterar en hamn flera olika typer av gods och verkar då i flera kategorier (ibid).

Enligt Sveriges hamnar (2022) hanterade Göteborgs hamn mest godsvolymer över kaj i Sverige 2022 (39 956 tusen ton). Statistiken visar att Göteborgs hamn följs av hamnar i Trelleborg (13 238 tusen ton), Stockholm (8 693 tusen ton), Helsingborg (8 388 tusen ton) och Luleå (7 873 tusen ton). Dessutom finns det flertalet mellanstora hamnar i Sverige som hanterar gods i storleksordningen 2 900 till 6 850 ton per år. De största hamnarna nämnda ovan, hanterar olika typer av gods, till exempel så har Göteborgs hamn en stor andel containerflöden medan Trelleborg främst hanterar gods anpassat för RoRo.

Hamnars godsflöden ändras över tid och påverkas främst av tre faktorer för godstransportefterfrågan, nämligen dess storlek, sammansättning och fördelning (Kjellsdotter Ivert et al., 2021). Storleken på godstransportefterfrågan styrs av den ekonomiska utvecklingen i Sverige och för enskild hamn även av den regionala utvecklingen (ibid). Sammansättningen återspeglar varuflöden mer eller mindre lämpade för sjötransport, vilket kommer påverka mängden transporter för sjöfarten och fördelningen av godstransportefterfrågan på olika transportslag, där en effektivitetsökning i vägtransporter skulle kunna påverka mängden transporter för sjöfarten negativt och tvärtom (ibid).

Det finns från myndighetshåll en stark tilltro till mer gods via sjöfarten (Trafikverket, 2020a) och tidigare studier visar att många hamnar arbetar hårt med att öka sina volymer (Kjellsdotter Ivert, et al. 2021). Trafikverkets prognos för år 2040 beräknas transportarbetet inom Sverige öka med 1,5 % årligen (Trafikverket, 2023). För transportarbetet inom sjöfart väntas årstakten öka 1,7 %, att jämföra med väg och tåg där ökningen är 1,8% respektive 1,4% årligen (ibid). För sjöfarten är detta en högre årlig ökning än man haft historiskt de senaste decennierna (Kjellsdotter Ivert, et al. 2021). Från basåret 2017 till 2040 är ökningen av transportarbete i miljarder tonkm per år från 100,8 till 148,5 (Trafikverket, 2023). För sjöfarten är det för samma år en ökning från 28,7 till 42,3 (miljarder tonkm per år). Dock visar tidigare studier en stor osäkerhet i dessa siffror och många intressenter efterfrågar

att myndigheter skall göra mer för att godset skall ta vägen via hamnarna, där nuvarande farledsavgifter, stuveriets villkor och lotsplikten är några delar som försvårar för sjöfarten i konkurrens med andra transportslag (Kjellsdotter Ivert et al., 2021).

2.2.2. Organisation och avgifter

De flesta allmänna hamnar i Sverige ägs av kommuner, men en del ägs privat, t.ex. industrihamnar som fokuserar på flöden till ett industriföretag (Trafikverket, 2019). Hamnarnas organisationsform skiljer sig främst på ägarskapet av (1) hamnledning och hamninfrastruktur och (2) godshantering, där de flesta svenska hamnar har hamnbolag som har ansvar för både (1) och (2). På senare år har utvecklingen dock gått mot att fler privata aktörer utför godshanteringen i hamnen (ibid). Ägandet av marken för en hamn följer de två organisationsformerna i att hamnbolaget äger marken eller så arrenderar hamnbolaget marken av en kommun (Trafikanalys, 2019). Ägar- och driftstrukturen får effekter för vem som ansvarar för investeringar i infrastrukturen och åtgärder för att minska miljöpåverkan (Sveriges Kommuner och Regioner, 2022).

Avgifter i en hamn kan grovt delas upp i två delar, hamnavgifter och godshanteringsavgifter (Sweco, 2019). I de hamnar där ett bolag äger och opererar hamnen utgör en hamns avgift båda dessa delar och om terminalverksamheten är utlagd på annan operatör så inkluderar den enbart hamnavgiften (Trafikanalys, 2019). I det senare fallet, tar operatören själv ut avgift för godshanteringen.

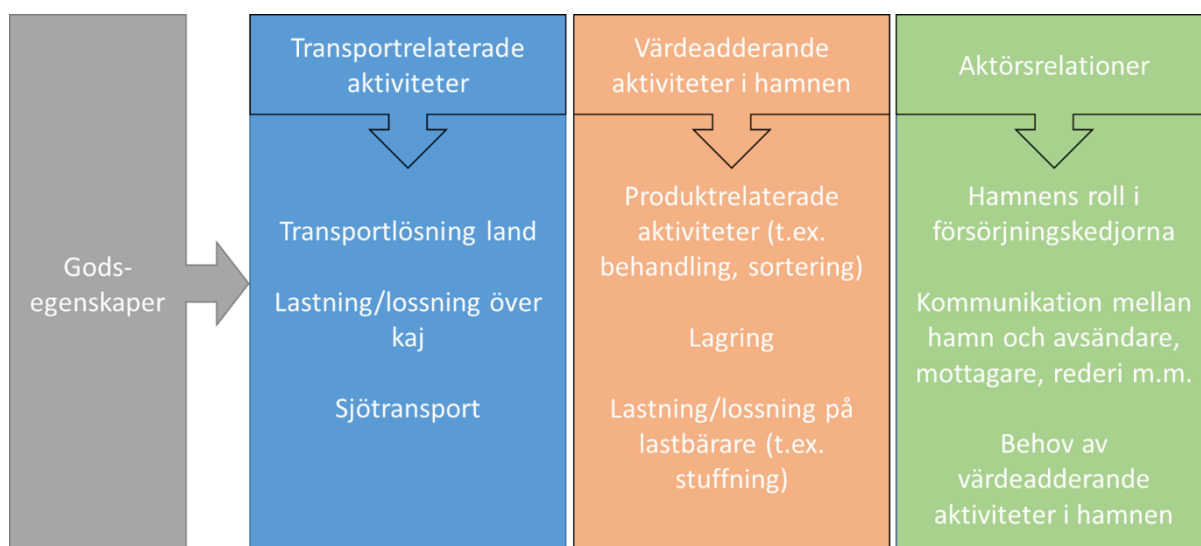
Hamnavgiften avser fartygshamnavgift för infrastruktur kopplat till ett anlop och betalas av rederierna, samt varuhamnavgift som avser infrastruktur och administration kopplad till varuhanteringen och betalas av varuägaren (Sweco, 2019). Avgiften för godshantering ska täcka kostnader för hantering av godset, såsom lossning, lastning, förflyttning i hamnområdet, etc., samt miljöavgift för avfallshantering och betalas av varuägaren (ibid). Fördelningen mellan dessa kostnader, utifrån ett genomsnitt i de svenska hamnarna, är att godshanteringsavgiften är störst med mer än hälften (58%) av totala kostnaden och hamnavgifterna, fartyg och gods, står för 14%, respektive 26% (Trafikanalys, 2019). I anlop till hamn inkluderas också statliga avgifter i form av lots, farledsavgift och miljörabatter (Trafikverket, 2021). Utöver dessa avgifter tillkommer även avgifter för andra tjänster som används i hamnen i form av hyreskontrakt, lagringsavgifter eller tullhantering och reparationer (Sweco, 2019).

2.2.3. Sjöfartens konkurrenskraft i transportsystemet

I den nationella godstransportstrategin presenterad av regeringen 2018 lyfts främjandet av överflyttning av gods från väg till sjötransporter som en del i att ställa om godstransporter till mer hållbara transporter (Trafikverket, 2020a). Omställningen från väg till sjöfart har, trots nationella ambitioner, varit svag (Karlsson, et al., 2020). Vägtransporter har fördelar i att ha stort utbud med låga priser, bra tillförlitlighet och korta transporttider (Trafikverket, 2020a). Dessutom har vägtransporten få omlastningar och en anpassningsförmåga som i jämförelse med till exempel sjöfart är hög (ibid). Sjötransporter sker i fartyg som kan lasta mycket större volymer än en enskild lastbilstransport, och har därmed storskallhetsfördelar med en totalt sett energieffektivare transport. Sjöfarten kräver dock högre grad av samlastade godsvolymer, vilket gör att servicegraden på fartygslinjer i sin tur har lägre frekvens och flexibilitet på transporten jämfört med lastbilslösningarna (Karlsson, et al. 2020). Fokus på förbättrade miljöaspekter med sjöfart jämfört med väg har fått mer uppmärksamhet de senaste åren, men priset för transporten är fortfarande av stor vikt vid val av transportslag (Trafikverket, 2020a). Det har även lyfts som problem att järnväg i större utsträckning än sjöfart haft subventioner från staten vilket gjort det svårt att konkurrera kostnadsmässigt (Kjellsdotter Ivert, 2021). För att stimulera överflyttning till sjöfart har försök gjorts kring ändrade hamnavgifter och det statliga stödet Ekobonus, utan att nå större framgång (Sveriges Kommuner och Regioner, 2022).

2.3. Logistikutplägg i hamnar

Hamnar är ofta en del av varuägarens logistik och försörjningskedjor (Alavi et al., 2018). Figur 5 illustrerar byggstenarna för de aktiviteter som sker i hamnens logistiksystem. En hamn fungerar som en nod mellan sjötransporter och inlandstransporter (Alavi et al., 2018). Godsegenskaperna (gråa området i figuren) inkluderar godstyp, volym och lastbärare för flödena genom hamnarna och påverkar till stor del utformningen av transportrelaterade och värdeadderande aktiviteter. De transportrelaterade aktiviteterna (blåa området i figuren) inkluderar aktiviteter som hantering av ankommande fartyg, såsom underhåll och användning av kaj, omlastning av fartyg, hantera godsflöden i hamnområdet och omlastningar till inlandstransporter (Alavi et al., 2018; Cullinane et al., 2002). Utöver dessa aktiviteter erbjuder hamnarna ofta tilläggstjänster, här kallade värdeadderande aktiviteter i hamnen (orangea området i figuren), såsom lagring av volymer eller stuffning av gods i containrar. Slutligen så lyfts hamnens aktörsrelationer fram som en central del i logistiksystemet (gröna området i figuren), vilken handlar om vilken roll hamnen tar i godsets försörjningskedja, hur hamnen kommunicerar med intressenter och varuägares behov av värdeadderande aktiviteter i hamnen.



Figur 5: Aktiviteter i hamnens logistiksystem (egen bild).

2.3.1. Godsegenskaper

Godsegenskaper inkluderar dimensioner och vikt för materialet som transporteras, och den lastenhet som godset eventuellt lastats på. Olika lastbärare kan vara lämpliga beroende på det transporterade materialet. Godsegenskaperna påverkar även hanteringen av flödena i hamnen (Lumsden et al., 2019). Containers är standardiserade lastbärare som tillhandahåller standardprocesser, såsom en hamns hantering vid lastning och lossning av ett containerfartyg. Med liknande resonemang är semi-trailer en annan standardiserad lastbärare som används för RoRo-fartyg. Däremot transporteras bulkflöden, till exempel flytande eller torr bulk, ofta utan förpackning, vilket ställer andra krav på den utrustning som finns tillgänglig i hamnen för hantering av godset (Lumsden et al., 2019). Ytterligare, har godsets egenskaper konsekvenser för omlastningsaktiviteterna kopplad till transporter i hamnens inland.

2.3.2. Transportrelaterade aktiviteter i en hamn

Egenskaperna för aktiviteterna i hamnen skiljer sig åt beroende på vilken lastbärare som används för ankommande flöden och transportlösningar till inlandsdelen, om flödena fortsätter från hamnen eller anländer till hamnen via järnväg eller lastbil (Lumsden et al., 2019). De olika godsegenskaperna genererar användning av olika typer av fartyg och hantering i hamnen. Fartygen är huvudsakligen konstruerade efter det gods som ska transporteras, vilket leder till att olika typer av fartyg kan behöva

hanteras i en hamn (ibid). Exempelvis använder gods fraktat i containrar eller semi-trailers fartyg som syftar till att utnyttja fartygsutrymmet för dessa lastbärare, medan bulk transporteras i speciella tankfartyg som utnyttjar fartygsutrymmet för bulk.

2.3.3. Värdeadderande aktiviteter i hamnen

Hamnarnas traditionella roll har utvecklats från att bara vara en omlastningsnod till att inkludera mervärdestjänster till logistikkedjan, såsom planerings- och kommunikationssystem samt stuveritjänster (Chueng et al. 2003; Trafikanalys, 2019). Utvecklingen av hamnarnas tjänster har gett hamnar en roll som viktiga logistiknoder (de Langen & Sornn-Friese, 2019), där hamnar fungerar som en möjliggörare för integrerade logistikflöden (Alavi et al., 2018). På så sätt kopplas hamnar till leverantörskedjor med sina mervärdestjänster (Notteboom et al., 2020). Ett exempel på detta integrerade tillvägagångssätt är kopplingar via olika aktiviteter, aktörer och deras kommunikation, såsom terminaloperatörens aktivitet att leverera flöden från hamnområdet till den sekventiellt följde aktiviteten av åkeriet, att samla in flöden från hamnen (Tongzon, et al., 2009).

Exempel på initiativ för cirkulär ekonomi i hamnar har lett till nya aktiviteter i hamnen (se t.ex. de Langen & Sornn-Friese (2019)). Dessa initiativ inkluderar användning av hamnar för industriella aktiviteter, såsom för energiproduktion från avfall eller informativa aktiviteter, vilket kan innefatta utbildning kring möjligheter för cirkulära flöden eller återvinning (de Langen & Sornn-Friese, 2019; Gravagnuolo et al., 2019). Vidare strukturerar Haezendonck och Van der Berghe (2020), cirkulära initiativ för fem belgiska hamnar kring dimensionerna hamnens cirkulära mognad i förhållande till styrning och komplexitet. Den cirkulära mognaden sträcker sig från energiåtervinning, återvinning och vidare till utveckling av nya godsflöden, medan styrning och komplexitet inkluderar om det cirkulära arbetet är i inom hamnen, i hamnstaden eller i hamnens närområden. De studerade hamnarna hade främst fokus på cirkulära initiativ kring energiåtervinning inom hamnen och mindre fokus på skapande av nya flöden och samarbeta utanför hamnen. Författarna lyfter fram potentialen att ytterligare öka den cirkulära symbiosen i hamnar genom att skapa värde gällande informationsdelning kring flöden till och från dessa inland. Mańkowska et al. (2020) fann att förutom omlastningsaktiviteter kan en hamn som hanterar cirkulära flöden erbjuda tjänster för stuveri och lagring. Dessa aktiviteter visade sig ha behov av samverkan mellan aktörer som kanske inte existerar i linjära godsflöden. För att en hamn ska kunna erbjuda vissa tjänster kopplade till cirkulär ekonomi kan behov för investeringar i infrastruktur finnas, såsom anpassning av kajer (Carpenter et al., 2018). Hamnen har även indikerats lämpliga för internationella återvunna flöden, som kan anlända till hamnen och där transformeras till ny produkt som sedan kan återexporteras över hela världen (Notteboom et al., 2020).

2.3.4. Aktörsrelationer

Viktiga aktörsgrupper för hamnen är varuägare, statliga myndigheter på olika geografiska nivåer, hamnanvändare (t.ex. rederier och varuägare) samt lokalsamhället och civilsamhället i stort (Dooms, 2019).

För att attrahera nya volymer till hamnen måste hamnen ta en aktiv roll i att integrera med och förstå behoven hos varuägare och rederier. Stelling et al. (2019) tar upp de olika rollerna hamnen kan ta för att uppnå nya närsjöfartsalternativ, där det lyfts fram att det finns hamnar som fokuserar på att etablera långsiktiga relationer med industrier inom sin region, vilket är värdefullt för att föreslå nya logistikupplägg genom hamnen. För en sådan hamn kan den samlade kunskapen om flödena i regionen göra det möjligt att identifiera alternativ för sjöfart med nya volymer, t.ex. att ett exportflöde kan använda tomma containrar från ett importflöde och därmed göra kostnadseffektiva lösningar genom hamnen (Stelling et al., 2019). Andra hamnar ser att den huvudsakliga tjänsten är att tillhandahålla kajers infrastruktur och påverkar möjligheterna att använda sjötransporter genom att marknadsföra alternativ och eventuellt subventionera tariffer gentemot rederierna i en inledande övergångsfas (ibid).

Hamnen är en viktig del i försörjningskedjor och hur väl en hamn lyckas orientera sig mot sina försörjningskedjor påverkar hamnens effektivitet (Tongzon et al., 2009). Att integrera försörjningskedjetänkandet i planeringen av hamnaktiviteter har efterfrågats i tidigare forskning (Dooms, 2019). Genom att förbättra informationen i försörjningskedjorna skulle en mer robust och underbyggd strategisk planering kunna ske med stöd från aktörerna.

För att uppnå cirkulära flöden i en hamn finns utmaningar kopplat till det stora antalet möjliga aktörer i försörjningskedjan, vilket ökar vikten av samarbete för att uppnå cirkulär ekonomi (Roberts et al., 2021, Gravagnuolo et al., 2019). Notteboom et al., (2020) indikerade vikten för hamnar att främja interaktion mellan industriaktörer i samma geografiska område för cirkulära flöden, t.ex. utbyte av material, vatten eller biprodukter. Dessutom finns det konsumentkedjor (flöden av avfall som kommer från kunder) och producentkedjor (flöden av postindustriella avfall eller biprodukter från industrianläggningar), som kan ha olika utmaningar, såsom osäkerhet kring returflöde och transportefterfrågan (Mańkowska et al., 2020). De möjliga aktiviteterna i hamnen för att skapa värde för varuägarna skiljer sig åt beroende på valet i avfallshierarkin för produkten/materialet. Det vill säga om en produkt eller material används för återvinning eller utvinna energi.

3. Metod

I detta avsnitt presenteras hur projektet genomförts och vilka metoder som används för att samla in och analysera data.

3.1. Forskningsprocess

Projektet pågick under 2,5 år med start den 1 november 2020 och avslut den 31 maj 2023. Inblandade forskningsaktörer var VTI (projektledare) och SSPA/RISE (SSPA blev integrerat med RISE 1/1-2023). Industripartner var Ragnsells, Avfall Sverige, Kretslopp och vatten Göteborgs stad, Norrköpings hamn, Oslo hamn, Hallands hamnar och Trelleborgs hamn.

Arbetet delades upp i fyra arbetspaket (AP):

- *AP1: Nulägesanalys och framtida transportbehov.* Syftade till att identifiera cirkulära produkter och material med potential att lyfta sig i avfallstrappan och där sjöfart är ett lämpligt trafikslag för att transportera materialet i det cirkulära logistiksystemet. Avsnitt 3.2 beskriver arbetsprocessen, datainsamling och dataanalys kopplat till AP1.
- *AP 2. Utveckling cirkulära logistiklösningar.* Syftade till att utveckla cirkulära logistiklösningar som möjliggör användning av sjöfart med särskilt fokus på hamnens roll för att underlätta och stödja dessa lösningar.
- *AP 3. Utvärdering cirkulära logistiklösningar.* Syftade till att utvärdera de cirkulära logistiklösningar som tagits fram i AP2.

Utveckling och utvärdering av cirkulära logistiklösningar genomfördes inom ramen för fallstudier, både utifrån hamnens perspektiv (se 3.3) och utifrån avfallsentreprenörens perspektiv (se 3.4). Fallstudier valdes som metodik för att kunna nå en fördjupad kunskap kring hur sjöfart kan nyttjas i ökad utsträckning för att transportera cirkulära produkter och material. Genom ett antal fallstudier kunde flertal exempel på nyutvecklade försörjningskedjor och sjöfartlösningar för cirkulära produkter och material fångas upp både utifrån hamnens och avfallsentreprenörernas perspektiv. Just avfallsentreprenörens behov och möjlighet att nyttja sjöfart är viktig för att öka förståelsen för hur hamnen kan skapa mervärde i utvecklingen av cirkulära logistiklösningar. Projektet har också genomfört ett examensarbete med mastersstudenter på Supply Chain Management programmet på Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbetet med titeln "The potential of involving sea transport in the reverse supply chain of used textiles" skrevs av Danial Shaheen och Carl Strand under våren 2022. Syftet var att undersöka möjligheter att använda sjötransporter i det cirkulära logistiksystemet för uttjänta textilier.

- *AP4 Projektledning.* Syftade till att koordinera projektet och säkerställa att budget och tidsplan hölls samt ansvara för den interna och externa kommunikationen.

Alla parter var delaktiga i genomförandet av de olika delarna där forskningsaktörerna hade huvudansvaret för datainsamling och dataanalys. Industriparterna var centrala i flera fallstudier som genomfördes och var inblandade i kontinuerlig dialog med forskarna samt deltog i möten och workshops som genomfördes under projektets gång. Totalt träffades hela projektgruppen vid tio tillfällen, varav ett tillfälle var ett längre fysiskt möte i kombination med ett studiebesök vid Ragnsells anläggningar i Göteborgsområdet (övriga möten var digitala). Vid projektmötena kombinerades resultatrapportering med diskussionspunkter om aktuella projektfrågeställningar, vilket möjliggjorde direkt återkoppling mellan forskare och industri. En stående punkt på agendan var "bordet-runt", vilket var en uppdatering om nyhetsläget och initiativ som pågick hos projektparterna som hade en koppling till projektets aktiviteter eller frågeställningar. Detta gjorde att projektgruppen kontinuerligt kunde hålla sig uppdaterad om utvecklingen inom projektgruppens intresseområden och projektet kunde även fånga in ytterligare fallstudier hos projektparterna av intresse för projektet.

Projektresultat har presenterats vid ett flertal tillfällen där det också har getts möjlighet till frågor från åhörare som reaktion och input till det fortsatta arbetet. Ett antal press-releaser, reportage, artiklar och rapporter har också presenterats. Mer specifikt har resultat spridits på följande sätt:

- I slutet av 2020 gick en press-release ut som berättade att SHREK startat upp. I samband med detta togs en hemsida för SHREK fram, vilken publicerades på VTI.
<https://www.vti.se/forskning/sjofart/projekt-shrek>
- VTI aktuellt gjorde ett reportage om SHREK, mars 2021.
https://issuu.com/vtisweden/docs/vti_aktuellt_nr_1_2021
- Hallands hamnar gjorde ett reportage om SHREK, maj 2021.
<https://www.hallandshamnar.se/nyheter/hallands-hamnar-medverkar-i-unikt-projekt-for-att-optimera-logistikfloden-av-restprodukter/>
- I samband med en av fallstudierna gick en press-relase ut ”Återanvändning av lera möjlig tack vare sjöfarten”, oktober 2021. <https://via.tt.se/pressmeddelande/ateranvandning-av-lera-mojlig-tack-vare-sjofarten?publisherId=3236009&releaseId=3311905>. Pressreleasen fick stor spridning och fångades upp av bland annat Recyclingnet, Entreprenad och ICKU.
- Presentation på Sjöfartsportföljens FOI dag, november 2021.
- Genomförande av ett webinar ”Sjöfartens roll i cirkulär ekonomi” i samarbete med EcoLoop, maj 2022. På webinariet presenterade många av SHREKs projektpartners och två projektpartner deltog även i en paneldebatt.
- En konferensartikel ”Logistics setup in ports – to enhance circularity of materials” har författats och skickades in till Nofoma, maj 2022.
- Deltagande och presentation av resultat från projektet på NOFOMA forskningskonferens, Reykjavik, juni 2022.
- Deltagande och presentation av resultat från projektet på Transportforum Linköping, juni 2022.
- Exjobbssarbetet ”The potential of involving sea transport in the reverse supply chain of used textiles” författades av Daniel Shaheen och Carl Strand på mastersprogrammet Supply Chain Management på Chalmers Tekniska Högskola. Exjobbet publicerades under juni 2022 och presenterades vid ett flertal tillfällen både på Chalmers och inom projektet.
- Norrköpings hamn gjorde ett reportage om SHREK, november 2022.
<https://www.norrkopingshamn.se/pressrum/view/hamnen-blir-en-viktig-laenk-i-den-cirkulaera-ekonomin>.
- Presentation av resultat från projektet på Trafikverkets FOI dag, februari 2023.
- Deltagande och presentation av resultat från projektet på konferensen ”Avfall i Fokus” som anordnades av nätverket Waste Refinery, mars 2023.
- Avfall Sverige skrev ett reportage om SHREK i Avfall och Miljö nummer 2, maj 2023.
https://ebooks.exakta.se/avfall_sverige/2023/2303/

3.2. Identifiering av cirkulära produkter och material

Arbetet med att identifiera cirkulära produkter och material skedde i två steg. 1) Avfallsstatistiskt kartlades för att få en bättre förståelse för vilka avfallsslag som har potential att lyfta sig i avfallstrappan. 2) Samtal och workshop genomfördes inom projektgruppen för att med avfallsstatistiken som utgångspunkt identifiera cirkulära produkter och material med leverans för

projektet. Det vill säga vilka cirkulära produkter och material (inte endast avfall utan även produkter som förberetts för återanvändning eller återvunnits) som har potential att lyfta sig i avfallstrappan och där sjöfart är ett lämpligt trafikslag för att transportera produkter/material i det cirkulära logistiksystemet.

Forskaraktörerna sammanställde avfallsstatistik från SCBs statistikdatabas, Naturvårdsverket, Svenska Miljö Emission Data (SMED), Avfall Sverige, Trafikanalys och de stora avfallsentreprenörernas hemsidor. Den nyaste avfallsstatistiken som fanns tillgänglig under datainsamlingsperioden var från 2018. Vid författande av denna rapport fanns dock data från 2020 tillgänglig. Naturvårdsverket sammanställer statistik vartannat år och 2022 kom det ut en ny SMED rapport för rapporteringsåret 2022 som innefattar data från 2020. I denna rapport har där det varit möjligt data från 2020 används.

Det fanns tillgänglig statistik kring hur mycket avfall i ton som uppstår för olika avfallsslag och i olika näringsgrenar samt hur dessa volymer behandlas. Dock fanns det stora gap i statistiken kring mål och slutpunkt samt hur avfallet transporteras. Resultat från sammanställningen presenterades på ett projektmöte den 10 mars 2021 där samtliga projektdeltagare deltog och finns beskrivet i kap 4.1.

Med den nationella avfallsstatistiken som bakgrund fick avfallsentreprenörerna i projektet (Avfall Sverige, Ragn-Sells, Kretslopp och Vatten) var för sig ta fram en ”brutto-lista” på cirkulära produkter och material som har potential att kunna flytta sig uppåt i avfallstrappan och där det skulle kunna vara lämpligt att använda sjöfart för att transportera materialet vidare i det cirkulära logistiksystemet. Brutto-listan diskuterades i ett möte där forskarna och samtliga avfallentreprenörerna deltog, den 24 mars 2021. Den omarbetade brutto-listan skickades därefter ut till hamnarna (Norrköping, Halland, Trelleborg och Oslo) så att hamnarna var för sig fick fundera igenom vad dessa material kan komma att innebära från ett hamnperspektiv och addera ytterligare cirkulära produkter och material till listan. Baserat på hamnarnas input tog forskarna fram ett underlag för en gemensam diskussion gällande cirkulära produkter och material med potential att höja sig i avfallstrappan och där sjöfart skulle kunna vara ett lämpligt trafikslag för att transportera materialet. Underlaget presenterades och diskuterades under en workshop där samtliga projektdeltagare deltog den 4 maj 2021. Resultatet från denna diskussion finns beskrivet i kap 4.2.

3.3. Fallstudier med hamnen i fokus

Fyra fallstudier med hamnen i fokus genomfördes, vilka inkluderade de hamnar som var parter i projektet: Trelleborg, Oslo, Norrköping och Hallands hamnar. I varje fallstudie identifierades ett cirkulärt material som i dagsläget hanterades i hamnen som fokus i fallstudien. Utgångspunkten var att identifiera ett cirkulärt material där hamnen har haft en central roll i upprättandet av det cirkulära logistiksystemet, och/eller hanteringen av de cirkulära volymerna i hamnens infrastruktur och genom värdeadderande aktiviteter. Dock ska noteras att Oslo hamn inte beskrivs på samma sätt som övriga hamnar som en fallstudie i kapitel 5. Intervjuer har genomförts men samma detaljerade analys som för de svenska hamnarna har inte genomförts.

Hamnarna ligger geografiskt på olika kuster i Sverige (väst, syd och ost) samt i Oslofjorden, Norge. Hamnarna har dessutom olika inriktning på sin verksamhet, där Trelleborg är den största RoRo-hamnen i Skandinavien, Oslo har ett starkt fokus på bulk- och byggmaterial och både Norrköping samt Hallands hamnar är s.k. fullservicehamnare där olika godstyper och fartygssegment trafikerar, såsom container och bulk. Lägena och de olika inriktningarna på hamnarna gör att projektet lyckats fånga en bredd i olika typer av cirkulära produkter och material som transporteras genom hamnarna och ger exempel på hur cirkulära flöden kan nyttja sjöfart i större utsträckning.

Ett antal intervjuer har genomförts i fallstudierna, där Tabell 1 ger en översikt. Förutom intervjuer med representanter från hamnarna har även varuägare och avfallsentreprenörer och som nyttjar hamnen för att skeppa volymer sjövägen inkluderats för att förstå nuvarande och potentiella framtida logistiklösningar via respektive hamn. Frågeställningarna utgick från det ramverk som presenterades

ovan (i 2.3) och inkluderade vilka cirkulära produkter och material som skeppas genom hamnen idag eller kan komma att skeppas framgent, vilka aktiviteter som hamnen utför eller kan komma att utföra kopplat till de cirkulära materialen, vilka ytterligare värdeadderande aktiviteter som hamnen utför eller kan komma att utföra, samt hur hamnen samverkar med aktörerna för att kommunicera eller bättre förstå behov i framförallt nya försörjningskedjor som uppstår med cirkulära produkter och material.

Studiebesök har gjorts i Oslo hamn, Norrköpings hamn samt Hallands hamnar i syfte att förstå verksamheten och även aktiviteter där cirkulära material hanteras.

Tabell 1: En översikt av intervjuer genomförda hos respektive fallstudie.

Fallstudie Trelleborg				
Företag	Beskrivning företag	Intervjuade funktioner	Antal respondenter	Studiebesök
Trelleborgs hamn	Den största RoRo-hamnen i Skandinavien. Innehar en kaj för bulkvolymmer.	Logistik & säkerhetschef, Affärsutvecklingschef	2	Nej
Ågab	Återvinningsföretag med fem anläggningar runt om Skåne.	VD	1	Nej
Fallstudie Oslo				
Företag	Beskrivning företag	Intervjuade funktioner	Antal respondenter	Studiebesök
Oslo hamn	Den största publika hamnen i Norge. Har ett starkt fokus på bulk- och byggmaterial.	Terminalrådgivare	1	Nej
Fallstudie Norrköping				
Företag	Beskrivning företag	Intervjuade funktioner	Antal respondenter	Studiebesök
Norrköping	En fullservicehamn för hantering av alla typer av gods: container & intermodalt, break bulk, bulk & flytande bulk samt projektlaster.	Marknads & försäljningschef, Miljö & kvalitetsansvarig	2	Ja
HEIP (Händelö Eco Industrial Park)	Värdsledande industriell symbios inom biobaserad och cirkulär ekonomi.	Projektledare	1	Nej
Lantmännen Agroetanol	Nordens största bioraffinaderi. Spannmål och restprodukter raffinerar till etanol, protein och koldioxid.	Logistikutvecklare, Affärschef	2	Nej
E.on	Distribuerar och säljer förnybar energi i form av el, fjärrvärme och kyla.	Produktionschef	1	Nej

Fallstudie Hallands hamnar

Företag	Beskrivning företag	Intervjuade funktioner	Antal respondenter	Studiebesök
Hallands hamnar	Består av Halmstad och Varbergs hamn. En fullservicehamn som hanterar skogsprodukter, projektlaster, container, bilar, bulk, flytande bulk, recycling, biobränsle och stål.	Kommersiell chef	1	Ja
Södra	Skogsindustrikoncern som producerar pappersmassa, trävaror, förnybar energi, byggsystem och textilmassa.	Logistikchef, Direktör för kompetens och projekt inom inköp, Inköpskoordinator	3	Nej

3.3.1. Trelleborgs hamn

Trelleborgs hamn är Skandinavien största RoRo-hamn med 16 RoPax-färjor som trafikerar transportkorridorerna mellan södra Sverige och den europeiska kontinenten genom hamnarna Travemünde, Rostock, Sassnitz, Swinoujscie och Klaipeda.

När det gäller cirkulära material har Trelleborgs hamn erfarenhet av schaktmassor, och de erbjuder en kaj som uskeppnings och lastningsplats lämplig för dessa material. Ågab har skeppat volymer av schaktmassor genom hamnen under 1,5 år. Vidare har även Ragn-sells nyttjat kajen för att skeppa kalkstabiliserad lera till Trelleborgs hamn.

3.3.2. Oslo hamn

Oslo hamn är Norges största gods- och passagerarhamn. Ungefär hälften av Norges befolkning nås inom 3 timmar från hamnen. Hamnen har under flera års tid arbetat för att supportera byggindustrin med att kunna hantera massor från bygg- och infrastrukturprojekt inom Osloområdet. I hamnområdet planeras ett område för sortering och hantering av massor.

Oslos hamn ser potential i att hantera massor i framtiden på grund av de stora volymer som produceras i området från de många infrastrukturprojekten. Oslo Hamn har ansökt om att utveckla mervärdetjänster i hamnen vad gäller lagerhållning och sortering av olika slag av ballast, vilket kontrasterar synen på hamnens roll jämfört med Trelleborgs hamn.

3.3.3. Hallands hamnar

Hallands hamnar består av Halmstad och Varbergs hamn och är en fullservicehamn som hanterar en mängd olika produkttyper, såsom skogsprodukter, container och bulk. Södra, med produktion i Mörrum, nyttjar Halmstad hamn för containertransporter av produkten OnceMore, som är textilmassa producerad av återvunnen textil. I tillverkningsprocessen separeras bomull och polyester från textilblandningar. Cellulosa från bomulls fibrerna kombineras sedan med cellulosa från trä. Tekniken lanserades 2019 med 3% återvunnen textil i produkten, och sedan dess har återvinningshalten ökat till 20%. Målet är 50% återvunnen textilinblandning 2050. Södra har under lång tid levererat textilmassa till några av världens största viskostíllverkare, som i sin tur levererar fibrer till tygtillverkare som material till globala varumärkens produktion.

3.3.4. Norrköpings hamn

Norrköpings hamn är en fullservice hamn för hantering av alla typer av gods, container, intermodalt, break bulk, bulk, flytande bulk och projektlaster. I närområdet till hamnen finns den industriella symbiosen Händelö Eco-Industrial Park (HEIP) där Norrköpings hamn är inblandad i flera av

materialflödena. Hjärtat av symbiosen är Lantmännen Agroetanol som förädlar spannmål och matrester till etanol, koldioxid och protein. Etanol används främst som bränsle och transporteras till stor del sjövägen inom Sverige och till andra länder. Koldioxid används av verkstadsföretaget AGA, också det nära beläget till hamnen, för att producera kolsyra till läsk. Proteinet används främst som djurfoder men även vid produktion av biogas hos Svensk Biogas. Insatsen i produktionsprocessen hos Lantmännen Agroetanol är spannmål och matrester. För dessa flöden används sjötransporter främst för leveranser av matrester. I produktionsprocessen av etanol behövs ånga som kommer från E.on som producerar värme och el till staden från avfall och biobränsle från lokalt men också från Europa.

3.4. Fallstudier med avfallsentreprenören i fokus

Inom ramen för projektet har två fallstudier genomförts med fokus på en avfallsentreprenörs (Ragn-Sells) möjlighet att nyttja sjöfart för transporter av två olika cirkulära produkter/material, planglas och massor. Dessa två cirkulära material identifierades som särskilt intressanta inom projektets arbete för att nyttja sjöfart inom ramen för arbetspaket 1. Ragn-Sells är en avfallsentreprenör inom återvinning och miljö som erbjuder *“nyskapande och effektiva lösningar för att minimera, ta hand om och omvandla avfall till resurser”* (Ragn-Sells, 2023). Ragn-Sells har totalt 96 anläggningar i Sverige, Norge, Danmark och Estland och behandlar årligen 6,3 miljoner ton.

Fallstudierna valdes utifrån diskussioner i projektgruppen där dessa produkter/material identifierades som intressanta att studera vidare – planglas, som är en ny cirkulär råvara för produktion av glas, och massor, som behöver hitta nya avsättningsmarknader inom större geografiska områden. Dessa två fallstudier beskrivs kort nedan. I dessa fallstudier har vi även beräknat miljöeffekterna för att nyttja sjöfart istället för vägtransporter vilket beskrivs separat i 3.4.3.

3.4.1. Planglas

Ragn-Sells samlar idag in planglas, vilket är en fin kvalitet av glas som används i fönster i hus och byggnader. Planglas materialåtervinns till sämre kvaliteter såsom flaskor, förpackningar och glasull men Ragn-Sells vill gärna lyfta planglasen i avfallstrappan och se till att de blir till nytt högkvalitativt glas. Det finns dock ingen glastillverkning i Sverige utan det skulle kräva att man levererade till glasbruk utomlands. En potentiell kund, Saint-Gobain, identifierades av Ragn-Sells under projektets gång och en dialog inleddes. Saint-Gobain är ett franskt företag som producerar glasprodukter och specialmaterial samt produktion och distribution av byggvaror. Saint-Gobain finns i 75 länder och har 165 871 anställda¹.

För att Saint-Gobain ska kunna använda glaset som råvara i sin nyproduktion av planglas behöver de få glaset sorterat. Detta innebar att Ragn-Sells bestämde sig för att se över möjligheterna att investera i en sorteringsmaskin och ta fram ett ”business case” som stöd i detta investeringsbeslut. Då både Ragn-Sells och Saint-Gobain var intresserade av att åstadkomma så mycket sjötransporter som möjligt var en viktig frågeställning att undersöka var en sorteringsmaskin skulle lokaliseras för att skapa förutsättningar för detta. Forskarna har hjälpt till att ta fram faktiska logistiklösningar från ett antal alternativa sorteringsanläggningar som identifierats av Ragn-Sells (Västerås, Norrköping, Örebro, Göteborg) till Saint-Gobains anläggning i Torgau i Tyskland. Forskarna har vidare räknat fram miljöpåverkan med de olika uppläggen och jämfört detta med att transportera planglas på lastbil samt färja. Resultat från fallstudien beskrivs i 6.1.

En diskussion mellan två affärsutvecklare på Ragn-Sells och forskarna i SHREK inleddes i början av mars 2021 och diskussionen fortsatte under våren för att klargöra förutsättningar och avgränsningar för arbetet. Diskussionerna har tagit del via Teams, telefon och mail. Den 10 september presenterades förslaget på logistiklösningar med miljöberäkningar från forskarna till de personer på Ragn-Sells som

¹ <https://www.saint-gobain.se/>

arbetade med logistikdelarna kopplat till business caset. Presentationen ägde rum via Teams och forskarna hade tagit fram en ppt-presentation samt beräkningar i Excel. Mer specifikt deltog från Ragn-Sells sida de två affärsutvecklarna som forskarna haft dialog med under förberedelsearbetet, en gruppleadare för fjär-transporter samt en businesscontroller.

3.4.2. Massor

Ragn-Sells hanterar idag olika fraktioner av massor från byggprojekt. En fraktion som uppkommit från stora infrastrukturprojekt i Göteborgsområdet (bl.a. Västlänken) är lera. Leran kan processas genom att blanda i kalk, vilket genererar en mycket hård och eftertraktad produkt i projekt där utfyllnad behövs.

I SHREK-projektets diskussioner med hela projektgruppen framgick att behov fanns av utfyllnadsmaterial i Trelleborgs hamn då ett stort utbyggnadsprojekt av hamnen genomfördes. Ragn-Sells såg möjlighet att kunna nyttja massor från deras anläggningar i Göteborgsområdet för ändamålen i Trelleborgs hamn, och i detta fall skulle sjöfart kunna vara ett intressant transportalternativ som ett exempel på hur cirkulära material skulle kunna nyttja sjöfart. Diskussion påbörjades mellan inblandade aktörer: Ragn-Sells, Trelleborgs hamn och Ågab, varav den sistnämnda var den avfallsentreprenör som var kontrakterad av Trelleborgs hamn för att samla in de volymer som behövdes för utfyllnaden.

Forskarna i SHREK följde diskussionerna som startade i mars 2021, genom flertalet möten och enskilda intervjuer med respektive part, vilka fokuserade på processen att nyttja cirkulära material för anläggningsändamål i kombination med att nyttja sjöfart för transporten och hamnarnas roll. Den 13 juli 2021 lastades fartyget i Surte med 4000 ton kalkstabiliserad lera från Ragn-Sells anläggning i Skepplanda, och dagen efter anlände fartyget till Trelleborg. Forskarna observerade lastningen i hamnen i Surte och efter genomförandet följdes erfarenheterna upp med de tre huvudparterna genom enskilda intervjuer, och dessutom intervjuades även den skeppsmäklare som varit inblandad i bokningen av transporten, vilket var OP-ship. Miljöberäkningar gjordes för transporten av kalkstabiliserad lera mellan Skepplanda och Trelleborg, vilket jämförde den genomförda sjöfartstransporten med alternativet att köra dessa volymer med lastbil.

3.4.3. Miljöberäkningar

För att åskådliggöra miljömässiga konsekvenser i de två fallstudierna har jämförande beräkningar av utsläppsmängder i olika transportupplägg genomförts. I båda fallstudier har den övergripande metoden varit densamma. Denna metod liknar i stort metoden som användes för att beräkna utsläpp för transportlösningar med sjöfart och väg i jämförelse av Sjöstrand m.fl. (2021), med skillnaden att denna rapport inte redovisar transporterens samhällsekonomiska kostnader utan stannar vid att kvantifiera transporterens utsläpp till luft.

Miljöberäkningarna i detta avsnitt syftar till att visa på skillnader i utsläpp för olika transportkedjor. För rapportens syfte är det centralt att utreda i vilken grad sjötransportlösningar bidrar till lägre utsläpp, och mer allmänt hur utsläppsmängder per transporterat ton kan förväntas variera med olika utformning på transportlösningarna. I rapportens beräkningar används en uppsättning källor för bränsleförbruknings- och emissionsdata. Vår metod beskrivs översiktligt nedan.

Generellt tillämpas en metod i tre steg. I ett första steg kartlägger vi de fallspecifika förutsättningarna. Detta innebär att alla relevanta transportlösningar för att få materialet från start- till slutpunkt identifieras. Därutöver kartläggs vilka avstånd som ska trafikeras, vilken infrastruktur och vilka eventuella fordons- och fartygsbegränsningar som råder. I ett andra steg identifierar vi vilka fartyg som trafikerar de aktuella sträckorna, för att kunna veta hur förbrukning och utsläpp ska beräknas. I ett tredje steg beräknas utsläpp till luft för alla relevanta transportlösningar utifrån informationen i stegen ovan.

För sjötransporter används i första hand information om fartygs historiska bränsleförbrukning från EU-systemet MRV (Monitoring, Reporting & Verification).² MRV-data möjliggör träffsäkra beräkningar av hur mycket bränsle ett givet fartyg förbrukar per avståndsenhet. Användning av MRV-data kräver att ett representativt verkligt fartyg kan identifieras, samt att detta fartyg har en bruttodräktighet om minst 5 000, vilket är den nedre storleksgränsen för rapportering till MRV-systemet. I fallet med transporter av planglas har beräkningarna av sjötransporter utgått ifrån befintliga linjer där verkliga fartyg (som finns representerade i MRV) har utgjort grund för beräkningarna. I fallet med transporter av massor har förbrukningsuppgifter för det verkliga fartyget som användes för pilotstudien inhämtats.

Givet uppgifter om fartygs bränsleförbrukning har utsläpp till luft beräknats genom att tillämpa Trafikverkets kalkylvärden för emissioner enligt ASEK 7-rapporten (Trafikverket, 2020b). De utsläpp till luft som beräknats är koldioxid (CO₂), svaveldioxid (SO₂), kväveoxider (NO_x) och partiklar (PM). De utsläppsfaktorer som används (gram utsläpp per kilogram förbrukat bränsle) är 3 206 för CO₂, 2 för SO₂, 71,7 för NO_x och 1 för PM. Beräkningarna utgår från emissionsvärden för marine diesel oil (MDO) och marine gas oil (MGO) vilka representerar lågsvavligt bränsle i enlighet med SECA-regelverket.

Eftersom fokus för miljöberäkningarna är transporterens utsläpp till luft redovisas inga resultat som avser utsläpp till vatten eller andra externa effekter (såsom buller och olyckor) som är förknippade med transportererna. Det är även viktigt att notera att endast trafikens direkta utsläpp från förbränning ingår i beräkningarna, vilket betyder att utsläppsberäkningarna och jämförelserna mellan transportupplägg inte är gjorda ur ett livscykelperspektiv. Det betyder också att endast de miljökonsekvenser som har direkt att göra med transportlösningarna tas upp i beräkningarna.

För vägtransporter, som ingår i varierande grad i de analyserade transportkedjorna, används uppskattningar av utsläpp per tonkilometer med antagandet om att varje lastbil i beräkningarna bygger på en genomsnittlig bränslemix och euroklassfördelning (4, 5, 6). Värden hämtas från tidigare VTI-analyser (Johansson m.fl., 2021). För tunga lastbilstransporter utgår rapporten från att utsläppen av CO₂ är 0,06 kilogram per tonkilometer, 0,0001 gram per tonkilometer för SO₂, 0,161 gram per tonkilometer för NO_x och 0,0023 gram per tonkilometer för PM.

Resultat som jämför utsläpp till luft presenteras och visualiseras på något olika sätt för de två olika fallstudierna. Eftersom det i fallet med planglas finns ungefärliga uppgifter om total årlig transportvolym redovisas hur beräknade årliga utsläpp varierar med val av transportlösning (trafikslag) och val av utskeppningshamn (vilket hänger ihop med valet av var en sorteringsanläggning lokaliserar). För fallstudien med transporter av massor redovisas i stället totala utsläpp för en hel sjötransport (inklusive utsläpp från anslutande vägtransporter) jämfört med motsvarande mängd material fraktat enbart med lastbil. I båda fallen presenteras totala utsläpp per kedja, men för samtliga kalkyler finns underlagsberäkningar där vi uppskattar utsläppen från de olika delarna av kedjan.

Ett antal aspekter med metoden leder till osäkerhet. Miljöberäkningarnas resultat varierar bland annat med antagna fyllnadsgrader för studerade sjö- och vägtransporter. Eftersom dessa inte kan observeras i data behöver antaganden göras. Ytterligare en osäkerhet är att miljöberäkningarna för sjöfart (i fallstudien om planglastransporter) utgår från att det befintliga utbudet av sjötransportlinjer även kommer att gälla i framtiden. Detta har betydelse eftersom valet av utskeppningshamn i en transportlösning till stor del påverkas av vilka hamnar som går att nå med direkt eller anslutande trafik.

² <https://mrv.emsa.europa.eu/#public/emission-report>

4. Cirkulära produkter och material

I detta avsnitt identifieras cirkulära produkter och material som har potential att lyfta sig i avfallstrappan och där det skulle vara lämpligt att använda sjöfart. Resultaten presenteras i två steg. 4.1 sammanställer nationell avfallsstatistik över volymer och behandlingsmetoder för olika avfallsslag. 4.2 presenterar en lista av cirkulära produkter och material utifrån workshops och intervjuer med projektpartners.

4.1. Volymer och behandlingsmetoder

I Sverige uppkom 152 miljoner ton avfall 2020, fördelat på 144 miljoner ton icke-farligt avfall och 8 miljoner ton farligt avfall (SMED, 2022). Majoriteten av avfallet, cirka 76 procent, genererades från gruvbranschen och tar man bort mineraliskt gruvavfall ur statistiken uppkom 35,7 miljoner ton avfall varav 32,5 miljoner ton icke-farligt avfall och 3,2 miljoner ton farligt avfall år 2020 (SMED, 2022). Byggindustrin är den bransch efter gruvindustrin som genererar mest avfall (14,2 miljoner ton) följt av hushållen (4,6 miljoner ton). Primärt avfall kallas det avfall som uppkommer i samband med produktion, i hushållssektorn och hos tjänsteproducenter. Avfallshantering och partihandel med skrot genererar främst sekundärt avfall, vilket är avfall som uppkommer i samband med avfallsbehandling.

Svensk nationell avfallsstatistik omfattar både förbehandling och slutbehandling (SMED, 2022). I statistiken görs ingen skillnad på primärt och sekundärt uppkommit avfall utan slutbehandlingen innehåller summan av dessa, vilket innebär att förbehandlat avfall räknas som en delmängd av den totala behandlingen, vilket är en förenkling av hur det går till i verkligheten (SMED, 2018).

Förbehandling är exempelvis demontering, fragmentering, krossning, sortering av avfall samt biologisk behandling av förorenad jord. Vid förbehandling uppkommer sekundärt avfall som behöver genomgå någon form av slutbehandling i Sverige eller utomlands. *Slutbehandling av avfall* omfattar tre nivåer i avfallstrappan, materialåtervinning, annan återvinning och bortskaffande (SMED, 2022). Däremot finns de två första nivåerna i avfallstrappan, förebyggande och återanvändning inte med i statistiken (SMED, 2020). Materialåtervinning, annan återvinning och bortskaffande består i sin tur av följande metoder (SMED 2022; SMED 2020):

- Materialåtervinning omfattar konventionell återvinning (återvinning till samma material), rötning³, kompostering⁴ och annan materialåtervinning (exempelvis återvinning av metaller från stoft och aska).
- Annan återvinning omfattar energiåtervinning⁵, användning som konstruktionsmaterial⁶, återfyllning⁷ och markspidning⁸.

³ Rötning innebär behandling av biologiskt nedbrytbart avfall för produktion av biogas där den producerade rötresten kan användas som jordförbättringsmaterial

⁴ Kompostering avser behandling av biologiskt nedbrytbart avfall som leder till en användbar kompost som används som jordförbättringsmedel.

⁵ Energiåtervinning avser förbränning där avfallet används som bränsle och energin tas tillvara.

⁶ Användning som konstruktionsmaterial omfattar användning av avfall som funktions, konstruktions och täckmaterial på och utanför deponier.

⁷ Återfyllning avser användning av avfall för återställningsändamål i utgrävda områden eller för tekniska ändamål vid landskaps- och anläggningsarbeten istället för andra material.

⁸ Markspidning innebär spridning av avfall på skogs- eller jordbruksmark som har positiva effekter på skogs/jordbruket eller ekologin.

- Bortskaffande omfattar förbränning utan energiåtervinning⁹, deponering¹⁰ och annat bortskaffande såsom behandling i markbäddar, infiltration och utsläpp till vatten.

Tabell 2 presenterar uppkomna och behandlade avfallsslag för 2018 baserat på nationell avfallsstatistik i SCB databas. Vissa avfallsslag har uteslutits eftersom de antingen är mycket små eller inte relevanta för projektet, t.ex. slam, sjukvårdsavfall och kemiskt avfall. De behandlingsmetoder som presenteras i den sista kolumnen i tabellen är de som till störst del används. Mängden uppkommet och behandlat avfall är inte lika stora och det finns flera orsaker till detta, bland annat att avfall importerats och exporterats samt att avfall ibland mellanlagras vilket kan innebära att de inte behandlas samma år som de uppkommer (SMED, 2022). I tabellen har vi delat in avfallsslag i olika kategorier (massor, brännbart material, metaller, fordon och batterier samt biologiskt material) eftersom många avfallsslag har liknande egenskaper och därför behandlas på liknande sätt. *Massor* inkluderar jord, mineralavfall och muddermassor och kommer huvudsakligen från gruvindustrin och bygg- och rivningsindustrin. Som synes i tabellen är de vanligaste behandlingsformerna deponering, annat bortskaffande och annan återvinning. *Brännbart material* omfattar t.ex. hushållsavfall, trä, sorteringsrester, plastavfall och glas och den vanligaste behandlingsmetoden är energiåtervinning. För en del avfallsslag såsom glas och papper är konventionell materialåtervinning den vanligaste behandlingsformen. Avfallsslag inom kategorierna *Metaller* samt *Fordon och batterier* har en hög andel konventionell återvinning. *Biologiskt avfall* omfattar mat- och djuravfall. Det behandlas huvudsakligen genom rötning (anaerob nedbrytning) eller kompostering (Avfall Sverige, 2021). Vid anaerob nedbrytning produceras biogas.

Genom att jämföra de behandlingsmetoder som används för olika avfallsslag med stegen i avfallstrappan kan man se att det finns en teoretisk potential att lyfta sig till mer högkvalitativa behandlingsmetoder för många avfallsslag. Avfallsslagen som finns i kategorin massor har potential att lyfta sig från deponering och annat bortskaffande till annan återvinning och från annan återvinning till materialåtervinning. Det pågår dessutom en het debatt om möjligheten att återanvända massor i nya bygg- och infrastrukturprojekt istället för att använda massorna som täckmaterial på deponier eller i skidbackar och hästanläggningar. I detta sammanhang är det värt att notera att huruvida massor ska betraktas som avfall eller inte har att göra med det så kallade kvittblivningsintresset¹¹. Massorna utgör avfall om innehavaren gör sig av med, avser göra sig av med eller är skyldig att göra sig av med dem. Massorna är inte avfall om innehavaren inte gör sig av med dem, inte avser göra sig av med dem eller inte är skyldig att göra sig av med dem. Vidare, om det är säkerställt att det finns avsättning för massorna inom en rimlig tidsrymd är det en omständighet som talar för att massorna inte är avfall (ibid).

När det gäller brännbara material kan många avfallsslag lyfta sig från förbränning till konventionell materialåtervinning. Denna potential finns i blandat och odifferentierat material, hushållsavfall och liknande avfall, träavfall, sorteringsrester, plast och gummi. I tabellen har textilavfallet ingen behandling. Anledningen är att majoriteten av uttjänta textilier hamnar i restavfallet och blir en del av avfallslaget hushållsavfall. Detta innebär ett stort resursslöseri eftersom majoriteten uttjänta textilier därmed förbränns trots att plockanalyser visat att över hälften skulle kunna återanvändas eller materialåtervinnas om de samlades in separat (Nordic Innovation, 2022). Endast runt 33 % av textilavfallet i Sverige samlas in separat (i huvudsak av ideella aktörer) och majoriteten exporteras för sortering och återanvändning utomlands och ingår därför inte i den nationella statistiken (SMED, 2018). Metaller, fordon och batterier har höga konventionella återvinningsnivåer, så nästa steg skulle

⁹ Förbränning utan energiåtervinning avser avfallsförbränning där syftet är att bli kvitt avfallet eller där förbränningsanläggningens energieffektivitet är under 65 procent.

¹⁰ Deponering avser att bortskaffa avfall genom att lägga det på deponi samt permanent lagring av avfall.

¹¹ <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/atervinning-av-avfall-i-anlaggningsarbeten/>

då vara återanvändning. Det mesta av det biologiska avfallet hör till det första steget i avfallshierarkin, materialåtervinning genom rötning och kompostering.

Det finns inom avfallsområdet både globala, europeiska och nationella mål gällande uppkomst och behandling av avfall. De flesta av dessa mål uppfylls men så är inte fallet för etappmålen rörande materialåtervinning och återanvändning av bygg och rivningsavfall (SMED, 2018). Mer specifikt ska 70 viktprocent av det icke-farliga bygg- och rivningsavfallet förberedas för återanvändning eller materialåtervinnas senast 2025 (SMED, 2022). Under 2020 nåddes en återvinningsgrad på 53 procent (ibid) så det en hel del att göra på detta område. I sammanhanget är det viktigt att ta med sig att det inte endast handlar om att åstadkomma höga återvinningsgrader, det är också viktigt att nå höga insamlingsgrader. En hel del avfall hamnar i naturen eller i det blandade restavfallet och skulle kunna tas om hand på ett bättre sätt om det samlades in separat. Exempel på avfallslag som har låga insamlingsgrader är matavfall och uttjänta textilier och detta är två områden där det händer en hel del (Avfall Sverige, 2023b). Kopplat till matavfall så ställer EUs avfallsdirektiv såväl som ett nytt etappmål krav på obligatorisk insamling av matavfall i Sverige, minst 75 procent av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger ska sorteras ut och behandlas så att växtnäring och biogas tas tillvara från och med 1 januari 2024 som gäller (ibid). I dag materialåtervinnas 38 procent av det kommunala avfallet i Sverige, men senast 2025 ska det öka till minst 55 viktprocent (Regeringskansliet, 2022). Kopplat till uttjänta textilier så ska alla EU medlemsstater samla in textilier separat från annat avfall senast 1 januari 2025 enligt ett nytt EU avfallsdirektiv, idag samlas ca 33% in och majoriteten hamnar i hushållssoporna eller restavfallet och går till energiåtervinning (SOU: 2020:72).

Tabell 2: Totalt uppkommet och behandlat avfall i Sverige 2018 för olika grupper där avfallslag med liknande egenskaper ingår. Data sammanställt från SCB Statistikdatabas.

Kategori	Avfallslag (EWC-stat-kod ¹²)	Total mängd uppkommit	Total mängd behandlat	Vanligaste behandlingsmetod [i procent av behandlad avfallsmängd]
Massor (icke farligt avfall)	Annat mineralavfall (12.2,3,5)	104.7 Mton	104.7 Mton	Deponering (48%), Annat bortskaffande (45%)
	Jord (12.6)	8.3 Mton	6.6 Mton	Annan återvinning (45%), Deponering (32%)
	Mineralavfall från bygg och rivning (12.1)	2.7 Mton	2.4 Mton	Förbehandling (50%), Annan återvinning (30%), Återfyllning (10%)
	Mineralavfall från avfallshantering ¹³ (12.8,13)	1.8 Mton	0.4 Mton	Annan återvinning (88%)
	Muddermassor (12.7)	0.4 Mton	0.4 Mton	Annat bortskaffande (58%), Deponering (27%)
Brännbart material (icke farligt avfall)	Blandade och ej differntierade material (10.2)	0.7 Mton	4.4 Mton	Energiåtervinning (56%), Förbehandling (37%)
	Hushållsavfall och liknande (10.1)	2.4 Mton	2.7 Mton	Energiåtervinning (98%)
	Träavfall (07.5)	1.8 Mton	2.3 Mton	Energiåtervinning (89%)
	Pappers och pappavfall (07.2)	0.9 Mton	1.1 Mton	Konventionell materialåtervinning (99%)

¹² European Waste Classification for Statistics

¹³ Mineralavfall från avfallshantering räknas som sekundärt uppkommet avfall, dvs avfall som uppkommer i samband med avfallsbehandling.

Kategori	Avfallslag (EWC-stat-kod ¹²)	Total mängd uppkommit	Total mängd behandlat	Vanligaste behandlingsmetod [i procent av behandlad avfallsmängd]
	Sorteringsrester ¹⁴ (10.3)	2.8 Mton	1.1 Mton	Energiåtervinning (77%), Deponering (15%)
	Plastavfall (07.4)	0.4 Mton	0.3 Mton	Energiåtervinning (49%), Förbehandling och sortering (36%), Konventionell materialåtervinning (15%)
	Glasavfall (07.1)	0.3 Mton	0.2 Mton	Konventionell materialåtervinning (94%)
	Gummiavfall (07.3)	0.1 Mton	0.1 Mton	Förbehandling och sortering (56%), Energiåtervinning (43%)
	Textilavfall (07.6)	0.01 Mton	0	N/A
Metaller (icke farligt avfall)	Metallavfall, ferromagnetiskt (06.1)	2.3 Mton	2.2 Mton	Konventionell materialåtervinning (99%)
	Blandade metaller (06.3)	0.7 Mton	2.1 Mton	Förbehandling (99%)
	Metallavfall, icke-ferromagnetiskt (06.2)	0.5 Mton	0.2 Mton	Konventionell materialåtervinning (100%)
Fordon och batterier (farligt avfall)	Uttjänta fordon (08.1)		0.3 Mton	Förbehandling (100%)
	Kasserad utrustning (08)		0.3 Mton	Förbehandling (62%), Konventionell materialåtervinning (37%)
	Batterier och ackumulatorer (08.41)		0.06 Mton	Konventionell materialåtervinning (100%)
Biologiskt material (icke farligt avfall)	Animaliskt avfall och blandat matavfall (09.1)	0.7 Mton	1.0 Mton	Rötning (93%)
	Animalisk faeces, animalisk urin och gödsel (09.3)	0.9 Mton	0.9 Mton	Rötning (97%)
	Vegetabiliskt avfall (09.2)	0.8 Mton	0.8 Mton	Rötning och Kompostering (75%)

4.2. Lämpliga cirkulära produkter och material att transportera via sjön

Med den nationella avfallsstatistiken som utgångspunkt blev det tydligt att det finns ett antal avfallslag som har potential att lyfta sig i avfallstrappan. Framför allt handlar det om bygg- och rivningsavfall där återvinningsgraden idag endast ligger på 53 procent och som är en av de största avfallskategorierna. Enligt SMED (2018) är avfallslag som bidrar till att återvinningsgraden inte är högre träavfall som huvudsakligen energiåtervinns, mineraliskt avfall (exempelvis betong, tegel,

¹⁴ Sorteringsrester räknas som sekundärt uppkommet avfall, dvs avfall som uppkommer i samband med avfallsbehandling.

kakel, klinker och mineralull) som i hög grad deponeras samt blandade avfallsfraktioner som sorteras och bland annat ger upphov till bränslefraktioner som energiåtervinns. Jordmassor och muddermassor utgör en stor volym av det totala bygg- och rivningsavfallet men dessa ingår inte i måluppföljningen (SMED, 2018). Tabell 2 visar dock att det även för dessa avfallsslag finns potential att lyfta sig i avfallstrappan då majoriteten idag går på deponering, annat bortscaffande och annan återvinning. I diskussioner med projektparterna identifierades bygg- och rivningsavfall som viktigt och följande avfallsslag som särskilt intressanta: träavfall, plastavfall, mineralavfall, jordmassor och muddermassor. Dessutom identifierades planglas som ett intressant avfallsslag där det finns potential att lyfta sig i avfallstrappan genom högkvalitativ materialåtervinning. Planglas används i hus och byggnationer och idag materialåtervinns det till flaskor, förpackningar och glasull trots att det skulle kunna bli till planglas på nytt.

Hushållssektorn är precis som byggindustrin en stor genererare av avfall (SMED, 2022), vars avfall kallas för kommunalt avfall, och innefattar många olika typer av avfallsslag (exempelvis matavfall, pappers- och pappavfall, träavfall, kasserade fordon, kasserad utrustning, farligt avfall, hushållsavfall och liknande avfall). Kommunalt avfall var också en avfallskategori som identifierades som intressant av projektparterna och då framför allt följande avfallsslag: plastavfall, uttjänta textilier samt uttjänta däck. Ett par avfallsslag identifierades av projektparterna också inom kategorin farligt avfall, mer specifikt spillolja och flygaska.

Tabell 3 sammanställer de avfallsslag som identifierats som intressanta från perspektivet att de har potential att lyfta sig i avfallstrappan och att nyttja sjöfart som trafikslag för att förflytta sig i det cirkulära logistiksystemet. Dessa avfallsslag presenteras kort i avsnittet nedan.

Tabell 3: Cirkulära produkter och material lämpliga att transportera med sjöfart.

Avfalls-kategori	Avfallsslag	Volym	Lyft i avfallstrappan	Sjöfart	Hantering
Kommunalt avfall	Plastavfall	356 000 ton	Mot materialåtervinning	Stor potential	Balas/container
	Uttjänta däck	84 574 ton	Mot materialåtervinning och återanvändning	Stor potential	Bulk
	Uttjänta textilier	114 500 ton	Mot materialåtervinning	Stor potential	Container
Bygg- och rivningsavfall	Träavfall	430 000 ton	Mot materialåtervinning	Stor potential	Bulk
	Plastavfall	152 000 ton	Mot materialåtervinning	Stor potential	Container
	Muddermassor	1,3 miljoner ton	Mot återfyllning, användning som konstruktionsmaterial eller till och med återanvändning	Stor potential	Bulk
	Jordmassor	4,9 miljoner ton	Mot återfyllning, användning som konstruktionsmaterial eller till och med återanvändning	Stor potential	Bulk
	Mineralavfall	2,37 miljoner ton	Mot återfyllning, användning som konstruktionsmaterial eller till och med återanvändning	Svårbedömd potential	Bulk

Avfalls-kategori	Avfallslag	Volymer	Lyft i avfallstrappan	Sjöfart	Hantering
	Planglas	20 000 ton från 2030	Mot materialåtervinning	Stor potential	Container
Farligt avfall	Spillolja	?	Mot materialåtervinning	Stor potential	Bulk
	Flygaska	300 000 ton	Mot materialåtervinning	Stor potential	Bulk

4.2.1. Kommunalt avfall

Plastavfallet inom kategorin kommunalt avfall består av restavfall, utsorterade förpackningar samt pantflaskor. De siffror som redovisas gällande plasten (Tabell 3) kommer från SMED (2019). De 235 000 ton restavfall som genereras samlas in av kommunen och går 100 procent till energiåtervinning. Utsorterade förpackningar utgör 96 000 ton och materialåtervinns till 44 procent. Dock är den verkliga materialåtervinningsgraden lägre eftersom det uppstår förluster i sortering och materialåtervinning samt att det sätts mer plastprodukter på marknaden än vad som rapporteras in (ibid). Det råder producentansvar på plastförpackningar och det är i huvudsak Förpacknings och tidningsinsamlingen (FTI) som samlar in utsorterade plastförpackningar via återvinningsstationer och fastighetsnära insamling. Tidigare har plasten skickats till sorteringsanläggningen Swerec i Sverige, samt till sorteringsanläggningar i Tyskland och Finland. Under 2019 startade Svensk plaståtervinning, som är en av FTI ägarbolag, en ny sorteringsanläggning i Motala. Från denna anläggning säjs plasten till materialåtervinnare framför allt utomlands och transporteras i dagsläget via lastbil. Det samlas in 25 000 ton pantflaskor och dessa återvinns till 84% i Sverige. Pantade plastflaskor transporteras till Returpack Abs anläggning i Norrköping de där sorteras, balas och transporteras till materialåtervinning hos Cleanway i Norrköping. Potentialen att nyttja sjöfart för export av sorterat plastavfall anses som goda inom projektgruppen.

Däck är en producentansvarsprodukt och det är Svensk Däckinsamling (SDAD) som på uppdrag av producenterna samlar in och hanterat däck. Idag går ca 70-80 procent av däcken till värmeverk och cementindustrin och SDAD ser en stor potential att lyfta sig i avfallstrappan och hitta nya avsättningsområden. Exempel som undersöks är möjligheter att använda däcken som dräneringsmaterial, fallskydd på lekplatser, fallskydd på lekplatser, stötdämpare i asfalt och cykelvägar. Många av dessa avsättningsområden kräver att däcken blir till granulat och det finns inga granuleringsanläggningar i Sverige. Här finns en stor potential för sjöfart men även i insamlingsledet ser projektgruppen att sjöfart skulle kunna nyttjas. Data kopplat till däck kommer från Svensk Däckinsamling (<https://www.sdab.se/>).

Data för textilier kommer från SMED (2018). Majoriteten av våra kläder och hemtextilier hamnar i restavfallet och fraktionen brännbart på återvinningscentralen (75 000 ton) och går till energiåtervinning. Det samlas in ca 38 300 ton separat och av detta exporteras majoriteten för sortering och återanvändning utomlands, typiskt på lastbil. Endast cirka 7000 ton återanvänds i Sverige. Med det nya avfallsdirektivet som kräver att EUs medlemsstater ska samla in textilier separat så kommer större volymer att behöva hanteras. Samtidigt är det allt svårare att hitta en avsättning för dessa volymer, ett 40-tal länder har redan stoppat importen av begagnade kläder och med de ökade volymerna kommer också kvaliteten på textilierna att minska (Nordic Innovation, 2022). Det kommer därför att bli viktigt för Sverige att inte endast öka sin insamling utan också bli bättre på att återanvända mer lokalt samt materialåtervinna de uttjänta textilier som inte kan återanvändas (Nordic Innovation, 2022). Idag materialåtervinns endast 1% av uttjänta textilier inom Europa. Det är med andra ord ovanligt att textilier återvinns till nya fibrer som kan användas för att tillverka textilier på

nytt (Dukovska-Popovska et al., 2023). Däremot är det vanligt med så kallad downcycling som innebär att textilier blir till trasor eller isoleringsmaterial.

En utmaning med materialåtervinning är att textilier behöver sorteras efter fibertyp och ofta i färg, vilket kräver automatiserad sortering som är kostsamt och att det saknas en organiserad insamling av textilier som inte kan återanvändas men förhoppningsvis skulle kunna återvinnas (Dukovska-Popovska, 2023). Det positiva i sammanhanget är att det pågår flera initiativ inom området, inte minst i Norden, och många automatiserade sorterings- och återvinningsanläggningar är på gång (Nordic Innovation, 2022). I Sverige finns Siptex som är världens första storskaliga automatiserade sorteringsanläggning och som 2022 upphörde som forskningsprojekt och övergick helt till Sysav (Sysav, 2023). SIPTex har en kapacitet att ta emot 24 000 ton per år och finns lokaliserade i Malmö. Södra och Renewcell materialåtervinner försorterat textilavfall. Södra tar i dagsläget emot 2000 ton men har en ambition att ta emot 30 000 ton 2025. Viktigt att textilierna är vita och består av 50-100 procent bomull. Vidare så ska knappar och dragkedjor ha avlägsnats. Södra ingår in en av fallstudierna och beskriv mer i avsnitt 5.3. Renewcell tar emot 5000 ton och håller på att bygga upp en ytterligare fabrik som initialt ska ta emot 60 000 ton och 120 000 ton under 2023/2024. Även Renewcell är intresserade av bomullsprodukter och i deras fall ska de bestå till 95% av bomull och dragkedjor och knappar avlägsna. (Dukovska-Popovska, 2023).

Projektgruppen ser en stor potential att nyttja sjöfart för de nya textilflöden som kommer skapas till och från den automatiserad sorteringen och materialåtervinningen, vilket är en slutsats som stämmer väl överens med resultatet från examensarbetet. I exjobbet intervjuades ideella aktörer, hamnar och branschexperter i syfte att kartlägga hinder och drivkrafter för att i högre grad involvera sjötransporter i det cirkulära logistiksystemet för uttjänta textilier. Höga kostnader, lagar och förordningar samt befintliga effektiva logistikkedjor (där lastbil nyttjas) var några av de främsta hinder för ökad involvering av sjöfart. Minskade utsläpp, inklusive externa kostnader i de totala transportkostnaderna och framtida sorterings- och återvinningscentraler i Sverige konstaterades vara de viktigaste drivkrafterna. (Shaheen och Strand, 2022).

4.2.2. Bygg och rivningsavfall

Det genereras 430 000 ton trä från byggindustrin (Kalantari et al., 2019). Projektgruppen ser eventuella öppningar för trä som skulle kunna materialåtervinnas i högre utsträckning och det finns potentiella mottagare i Sverige och utomlands. Träavfall lämpar sig enligt projektparterna väl att transportera på sjön. Många hamnar har erfarenhet av detta även om det främst handlar om träavfall som importeras till Sverige för energiåtervinning (SMED, 2018). Även om import av träavfall inte är intressant ur projektets perspektiv som har ett tydligt fokus på avfall som genereras i Sverige visar det på att materialet lämpar sig för sjöfart.

Det genereras 152 000 ton plast från byggindustrin (SMED, 2019). Det mesta energiåtervinnas men en liten del samlas in och materialåtervinnas utomlands och transporteras på lastbil. Enligt projektgruppen kan det bli intressant att öka materialåtervinning av plast i takt med förbättrad sortering och återvinning. Störst potential finns för homogena plastfraktioner som uppstår vid byggnation såsom rörspill och kabelplast. Även plastavfall är något som projektparterna tror skulle lämpa sig väl att transportera på sjön.

Massor används till viss del för att täcka deponier men i takt med att deponier minskar kommer man behöva hitta en annan lösning. Det pågår många initiativ som försöker öka återanvändning av massor. Det är svårt med vinstdrivning så det handlar kanske framför allt om att hitta närliggande mottagare enligt projektpartners, men en del aktörer har fått förfrågningar från exempelvis Danmark på svenska massor så här kan det även bli intressant med export. Oavsett om det handlar om exportflöden eller inrikestransporter så skulle sjöfart vara ett lämpligt trafikslag för massor, vilket även bevisas genom att Oslo hamn och Trelleborg hamn redan i dagsläget hanterar en hel del massor från byggindustrin. Data som redovisas i Tabell 3 kommer från Kalantari et al. (2019).

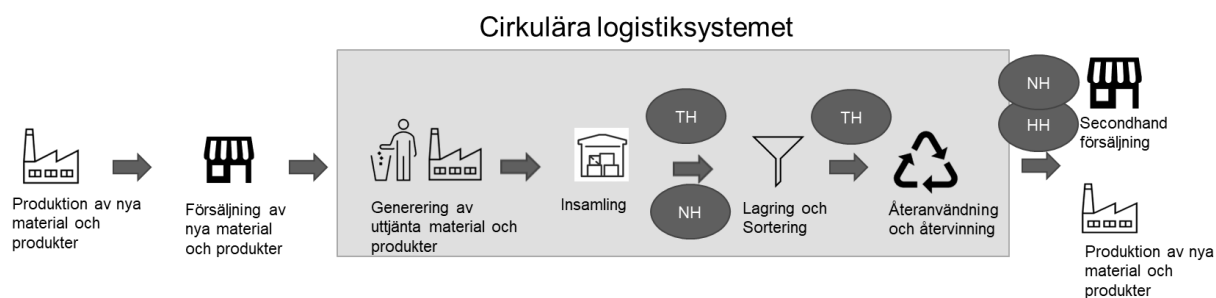
Planglas var ett material som identifierades som intressant under projektets gång och som utgör en av fallstudierna och beskrivs mer ingående i avsnitt 6.1. Data som redovisas i Tabell 3 är baserat på uppskattningar från Ragn-Sells.

4.2.3. Farligt avfall

Data för farligt avfall kommer från Avfall Sverige (2017). I rapporten identifieras ett antal avfallsslag där det finns potential att lyfta sig i avfallstrappan. Rapporten lyfter fram att marknaden för behandling av farligt avfall i Sverige är koncentrerad till ett fåtal stora aktörer som är specialiserade på ett avfallsslag. Anledningen är att det krävs stora investeringar och hög kompetens för att hantera farligt avfall, dessutom är mängden farligt avfall begränsad och det finns inte utrymme för flera konkurrerande anläggningar. Detta innebär i sin tur att det saknas materialåtervinningsanläggningar för vissa fraktioner inom landet. I rapporten har man fördjupat sig i ett antal avfallsfraktioner som anses ha stor återvinningspotential, varav spillolja och flygaska kommer högt på listan och är anledningen till att dessa material finns med i Tabell 3. Ragn-Sells håller på att bygga en anläggning för att kunna utvinna kommersiella salter ur flygaska och det anses mycket intressant att se över möjligheter att nyttja sjöfart för transporter av flygaska till och från anläggningen.

5. Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett hamnperspektiv

I detta avsnitt presenteras cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett hamnperspektiv. De produkter/material som utgör grunden i fallstudierna är massor som hanteras av Trelleborgs hamn, dissolvingmassa baserat på bland annat återvunna textilier som hanteras av Hallands hamnar, samt etanol och matsvinn som hanteras av Norrköpings hamn. Figur 6 illustrerar var i det cirkulära logistiksystemet de olika fallstudierna befinner sig. Som synes kommer ingen av hamnarna in i den finmaskiga insamlingen från användare till första insamlingsplats utan det är snarare lite senare under lagring, sortering eller när produkter förberetts för återanvändning eller återvunnits som hamnarna är delaktiga. Trelleborgs hamn (TH) och Norrköpings hamn (NH) hanterar produkter/material då dessa ännu definieras som avfall medan Hallands hamnar (HH) och Norrköpings hamn hanterar återvunna produkter.



Figur 6: Positionering av fallstudierna i det cirkulära logistiksystemet. TH står för Trelleborg hamn, HH står för Hallands hamnar och NH står för Norrköpings hamn.

5.1. Fallstudie Trelleborgs hamn

Trelleborgs hamn är Skandinavien största RoRo-hamn och har även erfarenhet av cirkulära material i form av massor som transporterats ut och in genom hamnen de senaste åren. Det primära flödet har varit från Ågabs anläggningar i närheten av Trelleborg (som ligger på mellan 3-30 km avstånd från hamnen) och en mottagare belägen på ön Langöya, i Oslofjorden i Norge. Det fraktade materialet har använts för att fylla upp ett gammalt kalkstensbrott för att återställa ön för rekreation och friluftsliv.

Trelleborgs hamn har också varit mottagare av massor för hamnens infrastrukturprojekt som förvaltats av Ågab där en stor mängd påfyllnadsmaterial levererats in till hamnen, framförallt från närområdet och då med lastbil. I SHREK identifierades möjligheten att även nyttja återanvänd lera från Göteborgsområdet istället för ren råvara, vilken skeppades ner till Trelleborgs hamn sjövägen.

Aktiviteter kopplat till transporter: Totalt har volymer på 15 fulla fartygslaster (vardera på 2 500 ton) skeppats via hamnen i Trelleborg till Norge i 1,5 år. År 2021 upphörde dock deponeringsmöjligheterna på Langöya på grund av nya norska restriktioner. Transporterna till hamnen från Ågabs anläggningar gjordes med lastbil, vilket innebar att 4-5 lastbilar cirkulerade mellan platsen och hamnen under lastningstiden. Fartyget var ett självlastande fartyg, där fartygsbesättningen lastade på volymerna från kajen. Hamnpersonal opererade en lastare för att flytta volymerna mot det självlastande fartyget.

När det gäller påfyllnadsmaterialet till Trelleborgs hamn så skeppades en sändning på ca 4000 ton kalkstabiliserad lera till Trelleborgs hamn. I det här fallet var torrlastfartyget inte utrustat med kran, utan lastning och lossning gjordes från kajkanten. En stor grävmaskin användes för att lossa volymerna till lastbilar som transporterade volymerna de några hundra metrarna till byggarbetsplatsen, se Figur 7 för lossningen i Trelleborgs hamn.



Figur 7: Lossning av kalkstabiliserad lera i Trelleborgs hamn. (Foto: Jonas Bramsved).

Värdeadderande aktiviteter i hamnen: Trelleborgs hamn har en specifik kaj dedikerad för att frakta bulkvolymerna. Bulkfartyg upp till 6000 ton kan anlöpa kajen. Hamnen nämner att hamnens läge, nära där volymerna skeppas, är en nyckel för att effektivisera fraktkostnaderna för de samlade volymerna. Hamnen erbjuder flexibla lösningar så att kunderna kan nyttja kajen under alla tider på dygnet. Ågab tog dock upp behovet av ytterligare aktiviteter i hamnen. Om det var möjligt att lagra volymer innan lastningen av fartyget sker, skulle det minska trycket på tidpunkten och hastigheten för transporten från platsen till hamnen. Tyvärr är sådan lagring inte möjlig idag på grund av begränsningar i tillståndet. Då det ofta är långa transportsträckor inom hamnarna är det pressat att vara klar inom en viss tid med lastningen och då är det utmanande med avstånden. Just tillgängligheten inom hamnområdet beskrivs därför som en utmaning då det i dagsläget är en lång transportsträcka mellan infarten och kajläget vid fartyget, vilket påverkar effektiviteten.

Aktörsrelationer: För att nå tillräckliga volymer av massor som kan nyttja sjöfart som transportalternativ (eftersom sådana bulkvolymer kräver full last), blir insamlingen och konsolidering av volymer centralt. Ågab, hämtar, hanterar och konsoliderar sådana volymer på deras avfallsanläggningar i Skåne och ombesörjer också transport till mottagarna. Trelleborgs hamn ligger centralt i deras verksamhetsområde möjliggör nyttjandet av sjöfart.

En mycket viktig förutsättning för att kunna skeppa massor via hamnen är behovet av tillstånd från Länsstyrelsen. Vid hantering av massor hanteras olika materialkvaliteter som i sin tur kräver olika typer av tillstånd. I befintligt hamntillstånd för Trelleborgs hamn kan de ha 20 skeppningar av massor per år under förutsättning att de föranmäler volymerna till Länsstyrelsen. Eftersom hamnen inte har tillstånd att hantera farligt avfall kräver hamnen dokumentation om innehållet från råvaruägaren för att garantera att massorna inte inkluderar farligt avfall. Ågab nämner att när det gäller kvaliteten och föroreningsgraden på massavolymerna så är det svårt att avsätta förorenade massor lokalt då kraven från Länsstyrelser och kommuner skärpts för hur massor kan nyttjas i nya infrastrukturprojekt. Sluttäckningar sker kontinuerligt av gamla deponier och det blir svårare att hitta nya avsättningar, framförallt gällande MKM (d.v.s. massor som kan nyttjas för mindre känslig markanvändning).

Hamnen lyfter fram att det inte är själva förflyttningen av massor som är utmaningen, istället: *“utmaningen är att hitta någon som har ett överskott och någon som har ett underskott, det är den*

första biten. Det är en grundförutsättning att man förstår vilken typ av material som det handlar om, viktigt att uttrycka, ej som avfall, utan för anläggningsändamål.”

När utmaningen att hitta en lämplig avsändare och mottagare har övervunnits behöver tidsaspekten matchas, att volymerna kan skickas till användaren när det finns behov av det. Hamnen beskriver: *“Hittar man överskott och underskott och rätt material, då är nästa tidsaspekten, att någon har ett överskott som är en byggarbetsplats, då har de ett tidsfönster att bli av med det”*. Ågab söker kontinuerligt efter potentiella mottagare. För att hitta lämpliga mottagare är det viktigt att materialet är av rätt kvalitet. I Sverige finns det olika krav beroende på användningsområde. Till exempel, för bostadsområden är det de högsta klassificeringarna på de material som används, jämfört med ett hamnområde som anses vara ett mindre känsligt område och material med lägre klassificering kan användas här. Kraven kan dock skilja sig åt i andra länder, till exempel kan asfalt återanvändas i Tyskland, men inte Sverige. Nya möjligheter kan också finnas i Danmark, vid Jylland och utanför Köpenhamn, där en ny ö i Öresund planeras. Om sådana projekt kommer igång kommer det att behövas stora volymer massor för fyllningsändamål vilket kan göra att stora volymer kan komma att skeppas ut från . Det nämns att de fördubblade sjötransportpriserna på sistone gjorde affärsmässiga förutsättningar för fraktvolymerna långa sträckor sämre. Men eftersom deponeringsmöjligheterna i närheten inte längre är tillgängliga, och det finns färre utfyllnadsområden behöver man undersöka internationella platser, och därför måste längre avstånd accepteras.

För att sjötransporten skall kunna nyttjas behöver avfallsentreprenören kontraktera ett rederi. För transporter till Langöya utfördes transportplanering och bokning av mottagaren som hade kontrakterat ett fartyg i syfte att frakta massor till ön. För transporter av Lera från Göteborgsområdet organiserade avfallsentreprenören i Göteborg (Ragn-Sells) själva transporten via en mäklare (OP-ship). Eftersom det var första gången sjötransporter användes i deras regionala arrangemang, var det nödvändigt att ta reda på vilket företag som skulle kontraktera och vilken dokumentation som krävdes.

5.2. Fallstudie Hallands hamnar

Hallands hamnar är en fullservicehamn som består av Halmstad och Varbergs hamn. I denna fallstudie studerar vi produkten OnceMore® som är en dissolvingmassa, dvs en kemisk massa som utgör råmaterial till textilindustrin. Södra har producerat dissolvingmassa i många år till textilindustrin baserat på träråvara. Skillnaden med OnceMore är att cellulosa från trä kombineras med återvunnet textilavfall. En av de stora utmaningarna inom textilåtervinning är att tyg består av många olika material. I OnceMore processen som Södra har patent på har man lyckats skapa en process för att separera bomull och polyester från polycotton så att cellulosa från bomullsfibrer kan kombineras med cellulosa från trä.

Aktiviteter kopplat till transporter: OnceMore produceras på produktionsanläggningen i Mörrum och lite beroende på inbladning av återvunnet textilavfall så handlar det om ca 4000-5500 ton per år till vilket man använder ca 2000 ton återvunnet textilavfall. Ambitionen är hög och under 2025 vill Södra öka produktion av OnceMore till 30 000 ton med en inblandning av 50% återvunnet textilavfall. När OnceMore produceras har varje enhet sina specifika egenskaper. I vissa fall ser man att specifika egenskaper passar bättre till en kund än till en annan men Södra producerar inte mot kundorder, utan mot lager.

Från Mörrum transporteras OnceMore som balat material på tåg och Södra bokar upp hela tågsett. I de fall som en sändning endast tar upp ett par vagnar så fylls resten av tåget med andra produkter. OnceMore skickas till Halmstad hamn, Göteborg hamn eller Helsingborgs hamn. Valet av hamn bestäms till stor del av handelshuset som är de som har kontakt med slutkund och det är Halmstad hamn som får de största volymerna.

Från Halmstad hamn stuffas och skeppas OnceMore till några av världens största tillverkare av viskos och lyocell. De största kunderna finns i Kina men det finns också kunder i Europa och Indonesien.

Södras kunder säljer viskor och lyocell vidare till sina kunder som i sin tur levererar tyger och material till globala varumärken.

Värdeadderande aktiviteter i hamnen: Södra och Halmstad hamn har ett nära samarbete och Södra hyr ett plocklager på hamnområdet om 16 000 kvm dit OnceMore transporteras och lagras (se Figur 8). Kopplat till plocklagret finns ett datasystem som är integrerat med Södras affärssystem där Södra kan skapa order så att hamnpersonalen vet när en leverans är på väg och kan förbereda sig för att ta emot och sortera produkten beroende på destination. När det är dags att plocka och stuffa en specifik order får Halmstad ett nytt avrop från Södra som också innehåller information om kund och tonnage. Handelshuset tar över ansvaret för produkten när den är stuffad men Södra vill ha en inblick i eventuella förseningar och har en tät kontakt med handelshuset och hamnen.

Det behövs ingen särskild utrustning för att kunna lyfta balarna utan det handlar om standardutrustning. Kommersiella chefen på Hallands hamnar berättar *”Vi är ganska rigorösa när det gäller nya material. Vi har en seriös approach till nya varuslag för att tidigt veta hur vi ska göra. Sen är det sällan vi tackar nej men investeringen får inte vara högre än vad vi kan få igen för det...I fallet Södra har vi gjort mycket anpassningar främst på mjukvarusidan och utbildning”*.

Enligt Södra är logistiklösningen för OnceMore densamma som för deras övriga dissolvingmassa. Oavsett om det är OnceMore eller dissolvingmassa tillverkad enbart av träråvara så används samma tåglösningar, produkterna lagras på samma sätt och skeppas till samma kunder. Den stora skillnaden är i insamlingsled där det finns stora utmaningar med att få tag på textilavfallet i rätt kvantitet, kvalitet och till rätt pris.

Aktörsanalys: Från Södras perspektiv är det nära samarbetet med Halmstad hamn viktigt. Lagermöjligheter i anslutning till hamnen gör Södra mindre störningskänsliga. Logistikchefen på Södra berättar *”Vi börjar få en stordrift men behöver komma upp i större volymer. I de framtida logistiklösningarna så ser vi att vi via Halmstad hamn kan agera snabbt. Det som är positivt är att det finns många kunder som är intresserade av OnceMore”*.

Från hamnens synvinkel är Södra en viktig aktör för att skapa en god export/import balans då det finns stora importflöden och hamnen ständigt letar mer exportflöden. Kommersiella chef på Hallands hamnar menar på att *”En av mina främsta arbetsuppgifter är att säkerställa framtiden. Vi har blivit duktiga på att se flöden och bygga system från ett varuägarperspektiv. Ett exempel är att vi hittar varuägare till de stora importflöden som redan existerar så vi kan köra 1 mot 1 ur ett containerperspektiv till glädje för varuägare och rederier... Går det bra för våra varuägare så går det bra för oss. Vi försöker hjälpa dem att växa”*.



Figur 8: OnceMore (balad) i lageranläggningen hos Halmstads hamn. (Foto: Vendela Santén).

5.3. Fallstudie Norrköpings hamn

Även Norrköpings hamn är en fullservice hamn som hanterar alla typer av gods. I denna fallstudie studerar vi Händelö Eco-Industrial Park (HEIP) som är en industriell symbios inom biobaserad och cirkulär ekonomi (<https://heip.se/>). Aktörerna i den industriella symbiosen består av Navirum, Lantmännen Agroetanol, Nodra, Norrköpings kommun, Norrköpings hamn och Linköpings Universitet. Hjärtat i den industriella symbiosen är Lantmännen Agroetanol och de produkter som är i fokus i fallstudien är matrester (i form av restprodukter från matproduktion exempelvis brödsmlur) och etanol.

Aktiviteter kopplat till transporten: Lantmännen Agroetanol är Nordens största bioraffinaderi och på anläggningen i Norrköping raffinerar spannmål och matsvinn till etanol, protein och koldioxid. Spannmål utgör majoriteten av råvaran som används för produktion av etanol men Lantmännen Agroetanol har som ambition att öka volymerna av matsvinnet. Affärschef på Lantmännen berättar *”Vi har skapat en stor livsmedelsåtervinning och där tar vi emot så mycket att vi också tar livsmedelsindustrins restprodukter. Lantmännen har en stor produktion och man kommer alltid ha svinn och det behöver vi kunna ta ansvar för”*.

Matsvinnet som samlas in från Lantmännens bagerier och andra livsmedelsproducenter i Sverige transporteras med lastbil och ett mindre flöde transporteras med tåg via Norrköpings hamn. Dessutom finns två systerföretag till Lantmännen som konsoliderar och förbehandlar matsvinn som samlas in från Finland och Danmark. Dessa volymer körs på bulkbåtar till Norrköpings hamn för slutbehandling hos Lantmännen Agroetanol. Mer specifikt handlar det om två båtar per månad.

Lantmännen Agroetanol producerar årligen cirka 55 000 kubikmeter etanol som transporteras till 95% på sjön. Kunderna finns i Sverige och i den norra delen av Europa. Logistikutvecklare på Lantmännen Agroetanol berättar *”Det är väldigt små mängder som går på tankbil och då handlar det om lokal distribution, resten körs på tankbåt. Vi har inga egna lager utan hyr depåer av Preem. Från fabriken har vi en ledning till depån och härifrån kan vi leverera ut till båtarna via pump. Det handlar ungefär om ett fartyg i veckan men beror på tankbåtarnas storlek. Båtarna används också till andra produkter såsom diesel och bensin och därmed är det viktigt att båten tvättas och görs torr från föregående laster. Det är en hel del provtagning och mycket rutiner”*.

Värdeadderande aktiviteter. Hamnen erbjuder sin infrastruktur för hantering av etanolflödet. Lantmännen Agroetanol hyr hamnpumpen, men det är personalen från Preem som hanterar den. Affärschef på Lantmännen Agroetanol berättar *”Hamnen har ett relevant erbjudande som är konkurrenskraftigt exempelvis effektiva avgifter och att båtstorlekar kan tas omhand av hamnen. Efterfrågan på sjötransporter växer. Kembåtar på etanolen och spannmål och restprodukter på bulkbåt”*.

När det gäller matsvinnet så är hamnen inblandad i lossningsförfarandet. Logistikutvecklare på Lantmännen Agroetanol klargör *”De båtar vi bokar för matsvinn har inte självlossare så här är vi beroende av hamnen som sköter hamnkranarna. Vi har ett egen lager i hamnen för spannmål och matsvinn och från lagret till fabriken används hjullastare och till detta har vi egen personal. När vi lastar i Danmark och Finland så har vi en oberoende inspektör som ser till så att fartyget är torrt och rent och inte innehåller främmande föremål från tidigare last, samma i Norrköping där en inspektör utför prover”*. Det lyfts dock fram att det finns en utvecklingspotential kring hur matsvinnslieferanserna kan hanteras, där öppettiderna mellan 7-16 är begränsande för just dessa leveranser. Här är problematiken kopplat till svårigheter att få till övertidsarbete hos hamnarbetarna, (vilket styrs av det fackliga reglementet). Svårigheter som nämns är att det inte går att beställa övertid i förväg då det ska bekräftas samma dag, samtidigt som Lantmännen behöver betala för övertiden även om det skulle visa sig gå fortare i realiteten.

Marknads- och försäljningschef på Norrköpings hamn ser en potential för mer värdeadderande aktiviteter och menar på *”Vi är en cirkulär region och mycket av det vi ser är cirkulära flöden utan att*

vi tänker på det. Det pratas nya affärsmodeller och det är intressant. Ska vi vara operatör så ska det vara en del av vårt värdeerbjudande. I den enklaste formen så erbjuder vi infrastruktur men det finns mycket annat vi kan göra”.

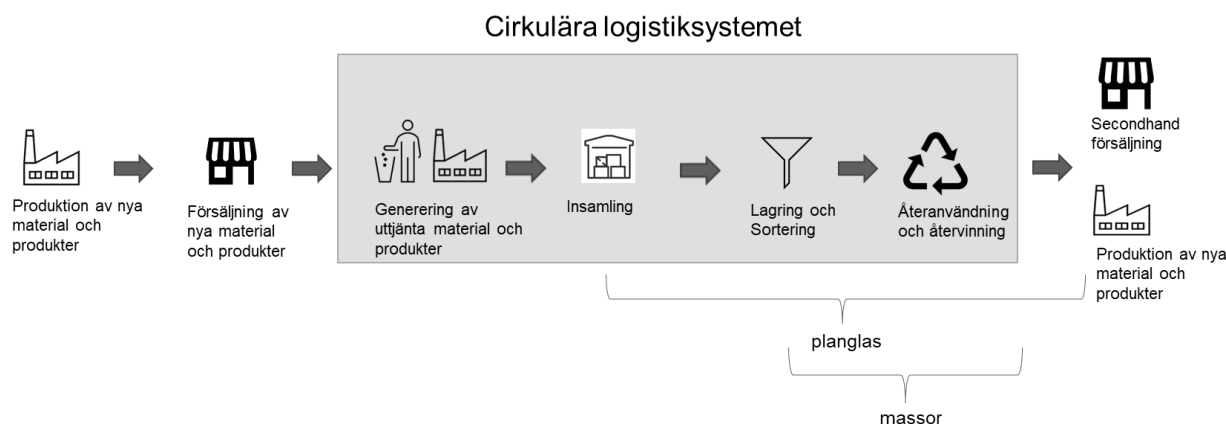
Aktörsanalys: Det finns ett starkt samarbete mellan de industrier som deltar i den industriella symbiosen. Affärschef på Lantmännen sammanfattar *”Vi är en samling av verksamheter som är duktiga på olika saker. EON kan framställa energi, Norrköpings hamn kan infrastruktur och transport, Nodra kan avlopp, LiU kan forskning och sitter på framtidens medarbetare, Norrköpingsstad är viktiga för vilka verksamheter vi kan och vill attrahera och skapar på så sätt förutsättningar. Vi kan jobba vidare med det vi är duktiga på men för att vi ska lyckas måste de vi samarbetar med vara lyckosamma och vi behöver ha en synkronisering att jobba i samma riktning”.*

Kopplat till hamnens roll anser Affärschef på Lantmännen Agroetanol att *”Hamnen behöver fundera över lagstiftning som kommer från Sverige och EU vad gäller att bli av med fossila utsläpp på sjötransporter. De måste säkerställa att hamnen anpassar sig i den utsträckning som krävs för att vi ska kunna utföra de frakter vi måste göra. Där kan vi hjälpa till när de kondenserat lite mer, då kan vi ta beslut att dessa fartyg kommer vi efterfråga om några år”.*

I diskussionen med Norrköpings hamn kommer vi också in på kopplingen till Länsstyrelsen. Marknads- och försäljningschefen förklarar *”Vi kan vara en del i mer hållbara val för våra transportköpare men vi regleras utifrån ett perspektiv att ta hänsyn också till vår närmiljö, vilket förstås är viktigt. Men om vi ska kunna fungera som en hamn så måste hela regionen bidra och det är viktigt att kunna möjliggöra för nya varor och volymer”. Miljö- och kvalitetsansvarig instämmer *”Det är svårt att på förhand veta vilka volymer hamnen kommer att ta emot. Vi är en logistiknod och ingen godsägare. Samtidigt ska vi försöka ta höjd för framtida volymer i verksamhetstillståndet så att vi inte i efterhand måste tacka nej till nya affärer”.* Det framkommer också i samtalen med respondenterna att det ibland finns inneboende motsättningar mellan olika myndigheter såsom Trafikverket och Länsstyrelsen där den förstnämnda parten säger ja till åtgärder som underlättar för nya volymer via hamnen och den andra parten säger nej på grund exempelvis Miljöstiftningslagar. Handläggare på Länsstyrelsen har ett stort tolkningsutrymme vilket i praktiken innebär att beslut och agerande ser olika ut beroende på vilken handläggare man har och vilken Länsstyrelse man ligger under.*

6. Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från ett avfallsentreprenörens perspektiv

I detta avsnitt presenteras cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart från avfallsentreprenörens perspektiv. De produkter som utgör grunden för fallstudierna är planglas och massor och för båda dessa produkter är Ragn-Sells initiativtagare och huvudpart. Figur 9 illustrerar var i det cirkulära logistiksystemet de olika fallstudierna befinner sig. Som synes i figuren följer vi planglas från insamlingsplats (förbehandling) och vidare genom det cirkulära logistiksystemet till att det hamnar i produktion av nytt planglas. Kalkstabiliserad lera följer vi från att det hamnar på förbehandling hos Ragn-Sells till att det används som lera för att bygga upp Trelleborgs hamn.



Figur 9: Positionering av fallstudierna i det cirkulära logistiksystemet.

6.1. Fallstudie planglas

Nedan beskrivs Fallstudie planglas med avseende på motiven till att nyttja sjöfart i det cirkulära logistiksystemet, utförandet av sjöfarten som transport i logistiksystemet och Ragn-Sells lärdomar från fallstudien. Därefter presenteras miljöberäkningarna för alternativa logistiklösningar med sjöfart.

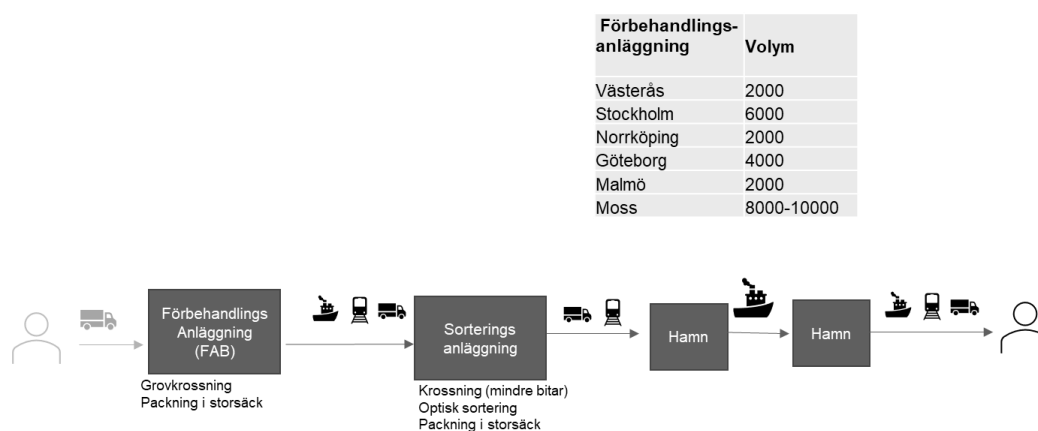
6.1.1. Beskrivning av fallstudien

Fallstudie planglas är fokuserad på att ta fram och utreda cirkulära logistikupplägg från fyra alternativa sorteringsanläggningar (Västerås, Norrköping, Örebro och Göteborg) till glastillverkaren Saint Gobains fabrik i Torgau söder om Berlin. Arbetet med att ta fram och utvärdera cirkulära logistikupplägg genomfördes under våren 2021. Inblandade aktörer i fallstudien är Ragn-Sells och Saint-Gobain. Forskargruppen inte haft någon direkt dialog med Saint-Gobain utan denna kontakt har skötts genom Ragn-Sells.

Motiv till sjöfart: Ragn-Sells samlar in planglas men i dagsläget återvinns dessa i sämre kvaliteter och blir till förpackningar, glasflaskor och glasull. Ragn-Sells skulle gärna se att det insamlade planglaset återvanns till högre kvaliteter och Saint-Gobain identifierades som en potentiell mottagare som skulle kunna ta emot sorterat planglas som råvara i sin nyproduktion av planglas. Då hållbarhet står högt på agendan hos Ragn-Sells och Saint-Gobain är det viktigt med klimatsmarta logistikupplägg som involverade så mycket sjöfart som möjligt. För att kunna genomföra denna affär behöver Ragn-Sells investera i en ny sorteringsmaskin och en knäckfråga i sammanhanget är var sorteringsmaskinen ska placeras för att möjliggöra för effektiva (energismarta och kostnadseffektiva) logistiklösningar.

Utförande: Vi har tagit fram logistiklösningar för fyra huvudspår, att sorteringsmaskinen placeras i 1) Västerås, 2) Norrköping, 3) Örebro och 4) Göteborg. För att nyttja sjöfart behöver volymerna gå via en hamn och här har sjöfartslösningar via närmsta hamn valts i analysen. Närmsta hamn för Örebro är Västerås, vilket medför att alternativ via tre hamnar har analyserats, Västerås hamn, Norrköpings

hamn och Göteborgs hamn. Systemet startar vid en förbehandlingsanläggning, se Figur 10. Det vill säga vi har inte tittat på det finmaskiga insamlingssystemet, vilket är anledningen till att den sträckan är tonad i figuren. På förbehandlingsanläggningen krossas glaset och packas i storsäck för vidare transport till sorteringsanläggning. På sorteringsanläggningen krossas glas till mindre bitar, sorteras och packas i storsäck för vidare transport till hamn för att därefter transporteras till kund. En viktig input till projektet har varit hur stora volymer som samlas in på olika förbehandlingsanläggningar. Som synes i figuren samlar Ragn-Sells även in volymer från Norge (via förbehandlingsanläggningen i Moss) som även dessa är tänkta att levereras till sorteringsanläggningen. Medan trafikslag i den finmaskiga insamlingen är given, det handlar om lastbil så är det inte självklart vilket trafikslag som ska används från förbehandlingsanläggning till sorteringsanläggning eller från mottagarhamn till Saint-Gobain. Däremot vet vi att samtliga anläggningar ligger de i nära anslutning till en hamn vilket medför att de trafikslag som är relevanta att undersöka är lastbil eller järnväg. Mellan utskeppningshamn och mottagarhamn är det också givet att det är sjöfart som gäller. I nedan beskrivning går vi i detalj igenom fallet då sorteringsanläggningen är lokaliserad i Västerås. Liknande upplägg har genomförts för Norrköping, Örebro och Göteborg.

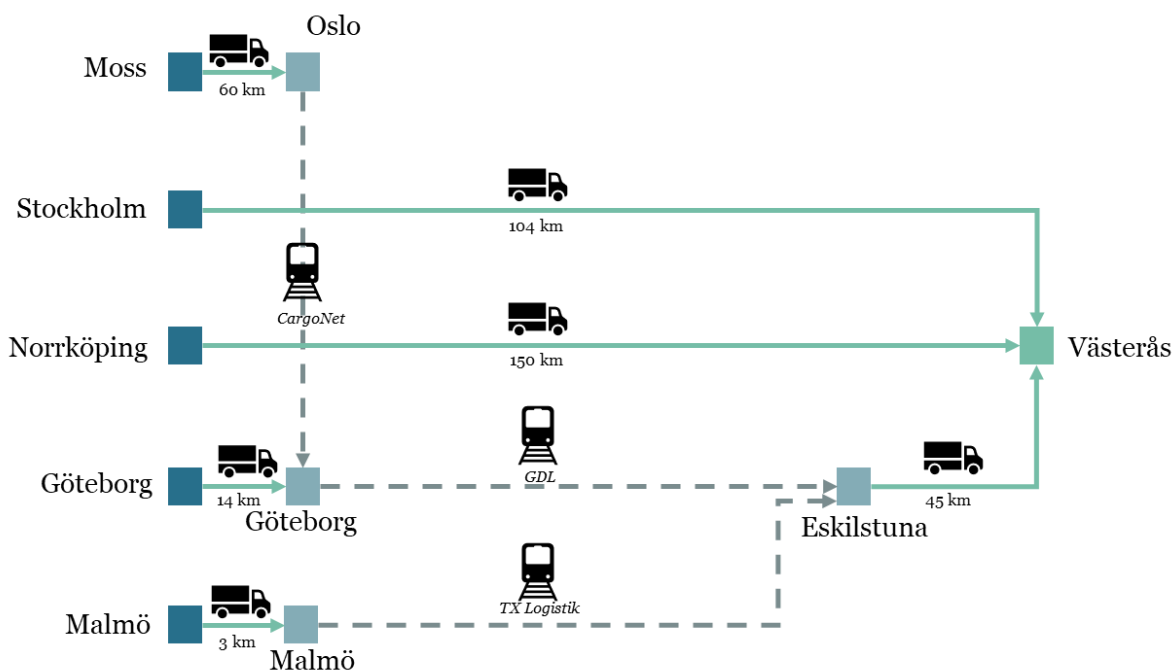


Figur 10: Det cirkulära logistiksystemet förenklad bild för planglas-fallstudien.

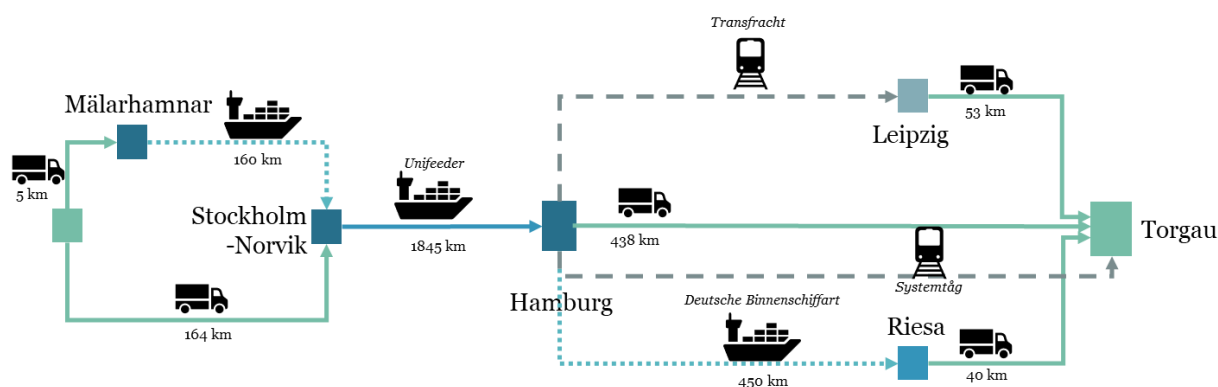
Om sorteringsmaskin placeras i Västerås ser vi att grovkrossat planglas levereras från förbehandlingsanläggningarna till sorteringsanläggningarna med lastbil eller tåg. För sträckan mellan sorteringsanläggning och hamn i Sverige så har vi tittat på två varianter. 1) Inlandssjöfart via Mälarderhamnar till Stockholm-Norvik. 2) Lastbil till Stockholm-Norvik. Det finns i dagsläget ingen containertrafik mellan Mälarderhamnar och Stockholm-Norvik men vi tyckte ändå att detta alternativ är intressant eftersom det inte är helt orimligt att det skulle komma att bli en linje där framöver. Sträckan mellan Stockholm-Norvik till mottagarhamn sker med sjöfart och sträckan från mottagarhamn till Saint Gobain är en intermodal lösning.

Figur 11 visar tågalternativen från förbehandlingsanläggning till sorteringsanläggning i Västerås. I fallet från förbehandlingsanläggningen i Stockholm till sorteringsanläggningen i Västerås samt från förbehandlingsanläggningen från Norrköping till sorteringsanläggningen i Västerås används lastbil och inte tåg på grund av korta avstånd. Gällande volymer från Norge så behöver man i dagsläget gå via Göteborgs centralstation.

Figur 12 visar logistikupplägg från sorteringsanläggning till Saint-Gobains anläggning i Torgau. Från sorteringsanläggning till Norviks hamn kan man ta sig med lastbil eller med lastbil och inlandssjöfart. Från Norvik till Hamburg trafikerar Unifeeder. Från Hamburg till Torgau har vi 4 alternativ: 1) Tåg till Leipzig och därifrån lastbil. Detta alternativ finns idag. 2) Lastbil hela vägen. 3) Systemtåg hela vägen. Detta alternativ är något oklart om det går att realisera. 4) Inlandssjöfart till Riesa och därefter lastbil.



Figur 11: Transportlösningar för sträckan förbehandlingsanläggningar till sorteringsanläggningen i Västerås.



Figur 12: Transportlösningar för sträckan sorteringsanläggning till kund (Saint-Gobain i Torgau, Tyskland).

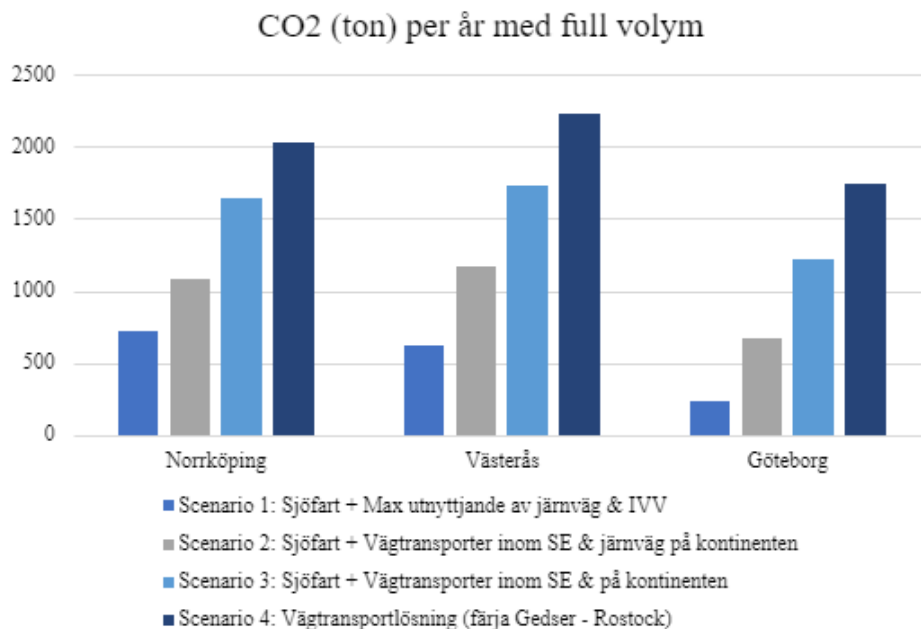
Lärdomar: Utifrån flera parametrar, där transportmöjligheterna ut från hamnarna var en del, tog Ragn-Sells under 2021 beslut om att den nya anläggningen kommer att förläggas i Partille utanför Göteborg. Prognosen är att uppstart sker hösten 2023. Affärsutvecklaren på Ragn-Sells beskriver att den absolut största utmaningen i att sätta upp den nya cirkulära försörjningskedjan med planglas är hur förbehandlingsanläggningarna skall processa glaset, och detta är en utveckling som Ragn-Sells arbetat febrilt med under våren 2023. Då det inte finns färdiga utrustningar att köpa för att separera fönster från dess karmar behöver Ragn-Sells utveckla detta själva. Och en del i förbehandlingsprocessen är hur separera fönstren från lim och kitt. För att lyckas materialåtervinna så får inget annat komma in än glas. När det levereras till produktionsanläggningen i Tyskland måste det vara av högsta kvalitet. Som ett testcase genomförs därför prov på sätt att förbehandla fönstren på en av anläggningarna utanför Stockholm, där det också finns många kunder och projekt som är villiga att återvinna glaset från byggprojekt. Flera avtal har gjorts med kunder och det finns ett stort intresse för återvinning av planglas. Detta beskrivs av affärsutvecklaren: "Det finns ett uppdämt behov – de vill verkligen återvinna glaset - jättekul! Vi får mota kunderna, de får vänta. Vi är inte up-and-running än.". Saint-Gobain är den första producenten som kan nyttja planglas som insatsråvara till nyproduktion av

planglas. Affärsutvecklaren på Ragn-Sells menar att “*de är först ut – om de lyckas måste de andra följa efter!*”

Ragn-Sells kommer skicka sina första sändningar till Tyskland på bil, med returtransport som finns tillgänglig i glasproducentens system. Dock har det från början varit tydliga krav från producentens sida att det är viktigt att sätta upp en logistiklösning som är klimatsmart mellan site i Sverige och Tyskland, d.v.s. ej lastbil, vilket kommer ses över när volymerna kommit igång.

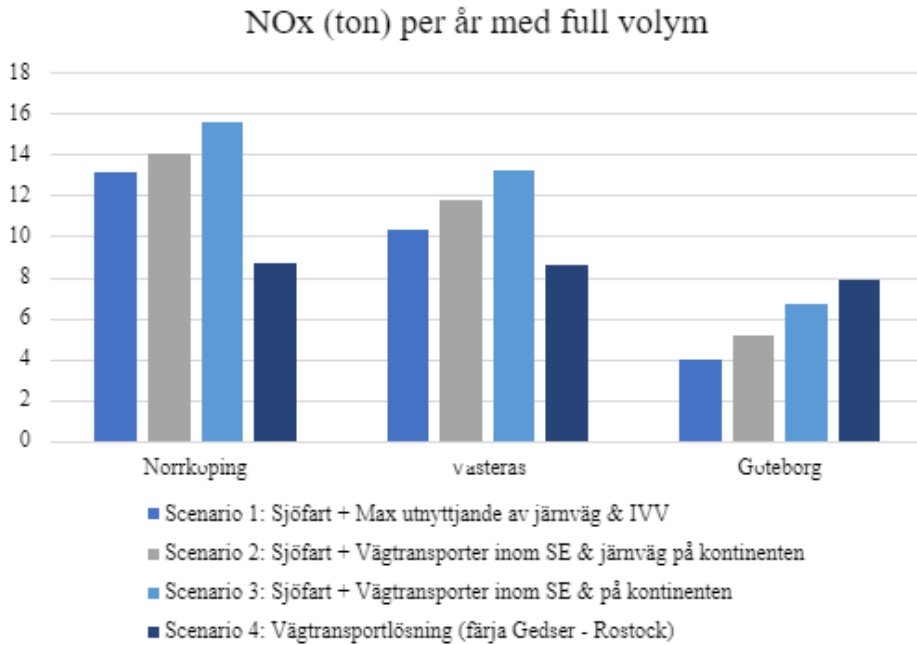
6.1.2. Miljöberäkningar

Resultaten av miljöberäkningar för fallstudien om planglas presenteras i Figur 13, Figur 14, Figur 15 och Figur 16. Figurerna visar årsvisa utsläpp uppdelat på typ av transportkedja (fyra scenarier) och val av utskleppningshamn. De fyra scenarierna är framtagna för att representera olika typer av sammansatta transportkedjor. I scenario 1 går så mycket som möjligt av transportererna till utskleppningshamn och från ankomsthavn på järnväg eller i andra hand på inre vattenvägar. I scenario 2 går transporter till den svenska utskleppningshamnen istället på lastbil medan transporten från ankomsthavn till slutdestination går på järnväg. I scenario 3 antas all inrikestrafik i Sverige och i Tyskland gå på lastbil. Det fjärde scenariot utgör ett referensscenario där hela transporten går på lastbil, med en anslutande vägfärja mellan Gedser och Rostock.



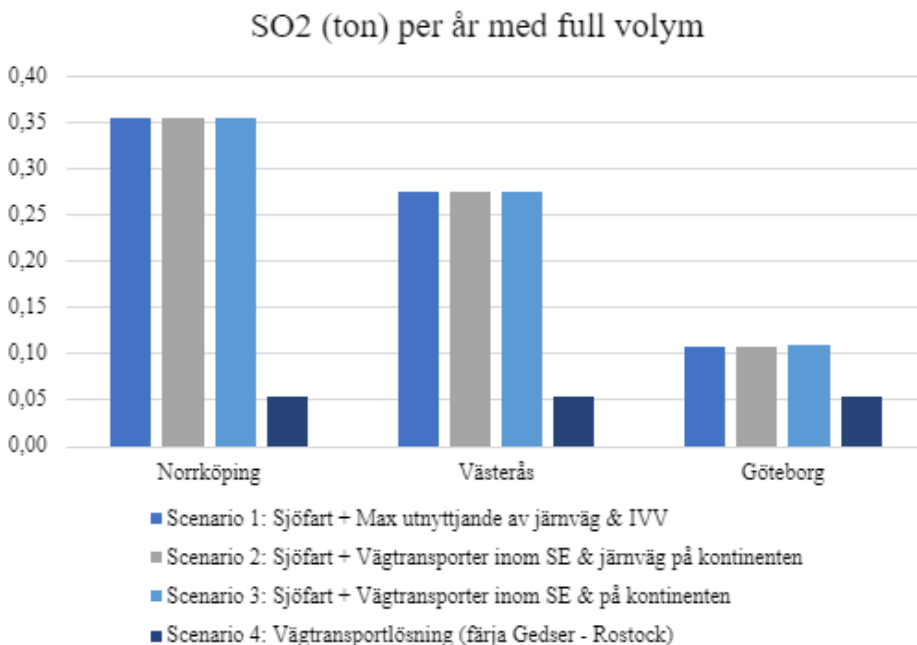
Figur 13: Koldioxidutsläpp (ton) per år med full volym under fyra olika scenarier.

Sammantaget visar resultaten av beräkningarna att transportuppläggen som nyttjar sjöfarts- och järnväglösningar bidrar till att minimera CO₂-utsläppen. Att skillnaderna mellan olika utskleppningshamnar är så stora för exempelvis scenario 1 beror på att valet av Göteborg som utskleppningshamn innebär att sjötransporten är kortare och därmed genererar lägre utsläpp.



Figur 14: Kväveoxidutsläpp (ton) per år med full volym under fyra olika scenarier.

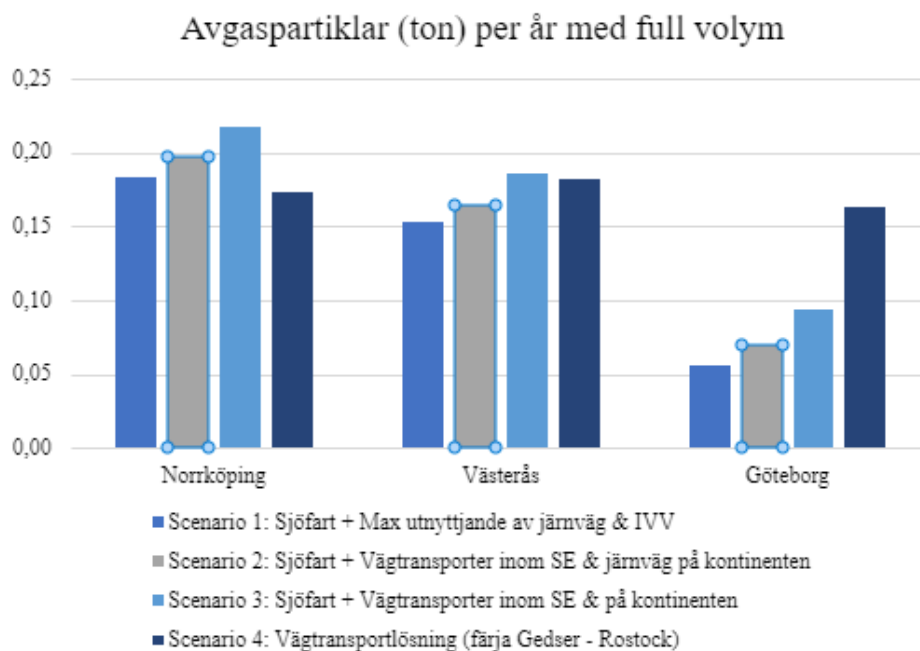
Sjöfartslösningarnas fördel gentemot vägtransporter är dock inte lika tydlig när jämförelsen gäller kväveoxid- eller svavelutsläpp. För kväveutsläpp beror jämförelsen på vilken utskeppningshamn som antas; i fallet där Göteborg används leder sjötransportlösningarna (scenario 1–3) till lägre kväveoxidutsläpp jämfört med referensalternativet scenario 4. Motsatsen gäller dock när Norrköping eller Västerås används som utskeppningshamn, vilket beror på att sjötransportavstånden och därmed utsläppen blir större.



Figur 15: Svaveldioxidutsläpp (ton) per år med full volym under fyra olika scenarier.

Sett till svaveldioxid innebär sjötransportlösningarna å andra sidan väsentligt högre utsläpp, vilket visas i Figur 15. Figuren visar också på skillnaderna med avseende på val av utskeppningshamn. Även

utsläpp av avgaspartiklar varierar kraftigt med val av utskeppningshamn, där sjötransportlösningar med Göteborg som utskeppningshamn ses leda till lägst utsläpp.



Figur 16: Avgaspartiklar (ton) per år med full volym under fyra olika scenarier.

6.2. Fallstudie massor

Nedan beskrivs Fallstudie massor med avseende på motiven till att nyttja sjöfart för just detta cirkulära material, utförandet av sjötransport med kalkstabiliserad lera och Ragn-Sells lärdomar från fallstudien. Därefter presenteras miljöberäkningarna för sjötransporten av den kalkstabiliserade leran.

6.2.1. Beskrivning av fallstudien

Fallstudie massor är fokuserad på att studera logistikupplägget när kalkstabiliserad lera skeppades från Ragn-Sells anläggning i Skepplanda till Trelleborgs hamn. Utskeppningen skedde 13 juli 2021. Leran nyttjades som utfyllnadsmaterial i den utbyggnad som pågår i Trelleborgs hamn. I fallstudien är inblandade aktörer Ragn-Sells och Ågab (avfallsentreprenörer), Trelleborgs hamn och OP-ship (befraktare).

Motiv till sjöfart: Ragn-Sells har identifierat att det finns volymer av massor som är lämpliga att skicka med sjöfart. En anledning till detta är att lokaliseringen av flera av deras anläggningar ligger nära en kaj eller hamn. Ragn-Sells i Marieholm strax utanför Göteborg ligger beläget invid Göta Älv och har dessutom en egen kaj och hamntillstånd A som gör det möjligt att nyttja sjöfart. Dock är det en begränsning hur tillståndet i hamnen är utformat i dagsläget. Ragn-Sells nämner själva att det är möjligt att få ut större volymer vid nyttjandet av sjöfart, vilket gör att det underlättar hanteringen på anläggningen då färre lastbilar behöver nyttjas och även trafikera anläggningen. Det möjliggör också i förlängningen att en större volym totalt sett kan passera genom anläggningen.

Ragn-Sells ser också fördelarna med att effektivisera och minska utsläppen från transporter genom de storskalighetsfördelar som finns med sjöfarten. Här är det också en fråga om hur stora batcher som behöver skickas för att det skall bli miljömässigt fördelaktigt jämfört med lastbil.

Då Trelleborgs hamn har behov av massa som utfyllnadsmaterial i utbyggnaden av hamnen är det ett behov som Ragn-Sells kan hjälpa till att fylla. Just kalkstabiliserad lera är en attraktiv produkt i utbyggnaden av hamnen då det behövs så fasta massor som man kan hitta. Den kalkstabiliserade leran

kommer från infrastruktur-projekt i Västsverige och har behandlats på anläggningen i Skepplanda. I anläggningen blandas kalk i lera, vilket är en känd teknik för att skapa en stenhård produkt.

Utförandet: Innan frakten kunde detaljplanerades så behövdes det säkerställas att massorna skulle kunna nyttjas i Trelleborg genom att kontrollera kvalitén. Det handlar om att analysera dels föroreningsgraden samt att materialet håller en viss norm i ton/m², vilket innebär att man behöver få den packad i den bärigheten. En provlast skickades därför med lastbil från Ragn-Sells till Trelleborgs hamn för att göra en kvalitetskontroll och godkänna kvalitén innan hela sändningen skickades. Avfallsentreprenören poängterade att materialet såldes som ett rent material, vilket innebar att det inte klassades som avfall.

Arrangerandet av frakten gjordes av avfallsentreprenören. Det första steget innebar att boka upp ett fartyg för transporten. Det första alternativet som genomlystes, var att ta in en självlossande båt för uppdraget, vilket visade sig vara ett alltför dyrt alternativ då prisuppgifterna indikerade ungefär det dubbla priset för sjötransporten jämfört med lastbil. En befraktare anlätades (OP ship) som hjälpte till att förmedla ytterligare sjöfartsalternativ. En avgörande faktor och en begränsning för hur stor last som kunde tas med var förutom fartygets kapacitet också djupgåendet i hamnarna. I Trelleborgs hamn var maximalt djupgående begränsat till 5 meter och i Surte, som blev den hamn som var aktuell för lastningen, var djupgåendet något mindre, 4,5 m.

Det visade sig att det inte var helt enkelt att boka upp ett fartyg för denna typ av frakt just under den valda tidsperioden. Som tur var fanns en flexibilitet i när transporten kunde ske, och en anpassningsbarhet från både avsändande och mottagande part. Just flexibiliteten är en nyckelfaktor enligt befraktaren för att kunna nyttja fartyg på spotmarknaden: *“I Koncernen jobbar vi nära våra kunder, med långsiktiga affärer. Är det stora volymer så måste man säkra upp ett tonnage som klarar att köra det. Men för lera vill man inte bygga nya fartyg utan man vill utnyttja returafartyg från Väneren. Därför behöver man ha en bra flexibilitet, på kort tid kunna boka in en båt. Gärna från en dag till en annan. Grundkonceptet är flexibilitet.”*

En ytterligare förklaring till att det var svårt att få loss ett fartyg just under denna tidsperiod var kopplad till den dramatiska utvecklingen under pandemin, vilket lyfts fram av befraktaren: *“Det är en spot-marknad. Gäller att hitta en båt som är ledig. Under Corona har marknaden förändrats totalt så det finns nästan inga båtar lediga. Spotmarknaden har stigit med 3-fördubbling.”*

Fartyget behövde även kunna hantera den typ av massor som det handlade om i detta fall. Just kalkstabiliserad lera bedömdes vara en enkel last då de flesta båtar kan hantera den. Befraktaren bedömde att: *“Leran är inte vattenkänslig och rena fyllnadsmassor är inga konstigheter. Egentligen optimalt att köra på sjön...”*. Det är heller inte väderkänsligt, dock krävdes extra rengöring av lastutrymmet.

Dessutom var det en del dokumentation som behövde tas fram och administreras, vilket var en del i processen som till en början upplevdes krånglig från Ragn-Sells sida. Det som krävs vid första transporttillfället med nya volymer är ett dokument som visar innehållet i lasten och ett godkännande från rederiets försäkringsbolag. Befraktaren förtydligar detta:

“Som redare är man noggrann med att det är rena laster man kör så det inte är farligt gods, eller olja i jorden eller för mycket vätska så det blir svårt att transportera. Bildas vatten så förflyttar sig materialet. Fyllnadsmassor som är kontaminerad ... kan inte då längre köra spannmål. Då är det nischade fartyg som gäller. Därför är det viktigt att vi får ett datablad så vi kan se på svart på vitt att det inte finns farliga ämnen i det.”

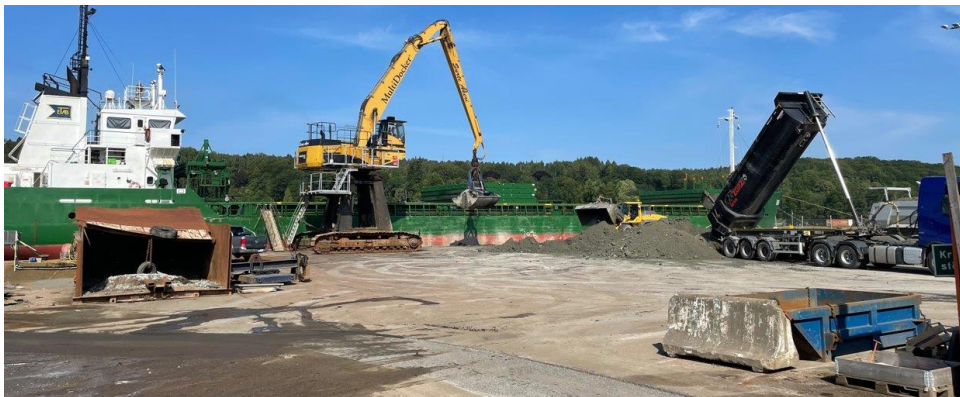
Utöver dokumentationen på innehållet i lasten behövs för inrikes transporter en fraktsedel (bill of lading), som är en kvittens på att rederiet tagit emot lasten så att den inte säljs någon annan stans. Ytterligare dokument kan tillkomma om transporten sker till en utländsk hamn.

När det gäller fraktkostnaden finns flera poster som läggs på frakten, vilket också upplevdes som svåröverblickat till en början för avfallsentreprenören. Sjöfartsverket har en farledsavgift som belastar fartyget, sen en godsavgift som belastar varuägaren. Sedan kommer det till stuverikostnader som kopplas till hantering av lastning/lossning från landsidan.

När det gäller lastning och lossning så finns ett standardiserat förfarande och avtal för hur lång tid fartyget är tillgängligt för lastning/lossning, vilket är 24h vardera. Avfallsentreprenören arbetade aktivt med att lastning och lossning skulle ske så tidseffektivt som möjligt och därigenom spara kostnader. Dock nämnde befraftaren att det kan vara komplicerat att få ett lägre pris om man gör det snabbare än 24h, normalt sett så accepterar inte redaren det. Däremot kan det finnas andra fördelar för avfallsentreprenören att lasta eller lossa på en kortare tid och i detta fall kunde fartyget avgå så snart det var lastat. Befraftaren förtydligar: *“Det finns många parametrar att diskutera därför brukar vi köra på standarder så slipper man special-villkor.”* Dock tillkommer en extra kostnad som börjar ticka om lastning eller lossning tar längre än 24h, och denna kan hamna på storleksordningen 4 000 EUR/dygn.

Det är många aktörer inblandade och befraftaren sitter som mellanhand gentemot agenten i varje hamn (som koordinerar anlöpet), stuveriet i hamnarna, rederiet, varuägaren och åkeri. Varuägaren kan själv ta kontakt med stuveriet för att planera lastning/lossning när det är en ny transport, vilket gjordes i detta fall gentemot stuveriet i Surte som var inblandad i lastningsförfarandet.

Den kalkstabiliserade leran, totalt ca 4000 ton, transporterades från anläggningen i Skepplanda med lastbil till närmsta hamn som var Surte, norr om Göteborg vid Göta Älv. Lastbilar gick i skytteltrafik mellan Skepplanda och Surte, där totalt 100 vändor krävdes. Lastbilarna tippade leran på kajen, vilken lyftes ombord på fartyget med en kran. En grävlastare assisterade på kajen för mindre förflyttningar av leran. Stuveriet i Surte skötte lastningen från kaj till fartyget. Då det blev ett kort avbrott i lastningen p.g.a. problem med kranen blev det under en mindre period köbildning av lastbilar. Dock kunde lastningen i Surte till slut genomföras på 8h. Figur 17 nedan visar hur lastningen gick till i Surte.



Figur 17: Lastningen av kalkstabiliserad lera i Surte hamn. (Foto: Vendela Santén)

Bulklastfartyget Tidan, 88.3 m långt och 13.2 m brett, lastade ca 4000 ton kalkstabiliserad lera, vilket var den maximala last som fartyget kunde lasta med tanke på djupgåendet i Surte hamn. Då kalkstabiliserad lera är en tung last, innebar det att man inte kunde fylla upp hela lastutrymmet. Eftersom det fanns en begränsning i Surte hamn också kopplat till djupgående gjorde det att inte maxkapaciteten riktigt kunde nås.

Fartyget hade en marschfart på mellan 9-12 knop, och hela överfarten tog knappt ett dygn.

I Trelleborg lossades massorna med en grävare som stod på kajen, se Figur 18. Då lossningen gjordes av en grävare så tog den också längre tid än lastningen i Surte, totalt 24 h behövdes.



Figur 18: Lossningen av kalkstabiliserad lera i Trelleborgs hamn. (Foto: Jonas Bramsved)

Lärdomar: Efter att den kalkstabiliserade leran fraktats från anläggningen i Skepplanda till Trelleborgs hamn var Ragn-Sells överlag nöjda med förfarandet. Det som lyfts fram som överraskande är behovet av dokumentation och avgifter kopplat till Sjöfartsverkets farledsavgift - godsavgiften. Den ansvarige affärsutvecklaren berättar: *“Det gick förvånansvärt bra. Började med att det var hopplöst, massa saker att fylla i. Men rent praktiskt att flytta ett lass gick bra. Men sen lite överraskningar såsom farledsavgift på lasten. Båten betalar farledsavgift men lite konstigt att sen ska man ha farledsavgift på lasten...brukar tydligen vara så.”*

Affärsutvecklaren nämner att han är nöjd med sjöfartsalternativet kostnadsmässigt - *“Allt över 10 mil, då lönar sig båten”*.

Eftersom erfarenheterna var goda så har Ragn-Sells efter genomförandet av denna frakt skickat volymer av kalkstabiliserad lera till ytterligare platser i Sverige. Volymerna finns tillgängliga i form av blöt lera i Göteborg (bl.a. från tunnelbyggnation i Västlänken-projektet), som stabiliseras med kalk. Då det inte går att mellanlagra så stora volymer, p.g.a. tillståndet som sätter gränsen vid 30 000 ton, behöver ny avsättning hittas för dessa volymer. Vid återfyllning i Göteborgsområdet (i ett senare skede av tunnelbyggnationerna) kommer nya volymer att krävas, och här ser Ragn-Sells att det kan bli ett utbyte med andra platser som gräver.

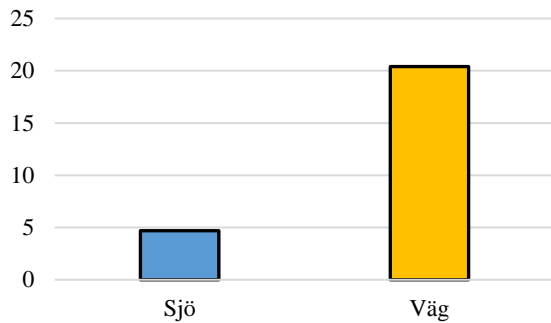
Under vintern 2022/2023 har Ragn-Sells gjort ytterligare en satsning på sjöfart genom att chartra en båt som till fullo kan nyttjas för deras volymer och operationer. Båten är ett general cargo fartyg på 58,75 x 11,65 m och det lastar 1190 ton. Målet med denna satsning var att transportera dedikerade Ragn-Sellsvolymer, framförallt mellan Marieholm och Kristinehamn. Dock har det i denna satsning varit stora utmaningar i tillståndsprocessen, bl.a. har det inte gått att få någon dispens för att kunna nyttja Marieholm som hamn, då dispens behövts eftersom Marieholm är ISPS-klassad. Problem med att inte kunna nyttja Marieholm har gjort att Ragn-Sells har fått jaga externa volymer för att fylla upp fartyget. Därigenom har Ragn-Sells agerat fraktmäklare, vilket är en helt ny situation för Ragn-Sells som bolag och ett stort steg att ta där stora lärdomar dragits kring frakter med sjöfart och hantering i hamnarna.

En del i hamnarnas hantering som blir tydligt begränsande för Ragn-Sells sjöfartslösningar är öppettiderna i hamnarna. I just fallet med transporten av kalkstabiliserad lera mellan Surte och Trelleborg gick det bra att passa öppettiderna i Surte, då lastningen skedde dagtid, och i Trelleborg kunde alla timmar på dygnet nyttjas då lossningen genomfördes av entreprenören i Trelleborg och inte av stuveriet. Dock tog lossningen tre gånger längre tid än lastningen p.g.a. att en gravare lastar långsammare än en kran med större kapacitet. I den nuvarande verksamheten med en chartrad båt som skall planeras operera effektivt, blir det tydligt för Ragn-Sells att kostnaden för att ligga och vänta på öppettider blir stor och här lyfts det fram önskemål att kunna nyttja även helgerna. Ragn-Sells har därför en pågående dialog med hamnar och fått till att lastning/lossning även sker på helgen, då med övertidsprissättning.

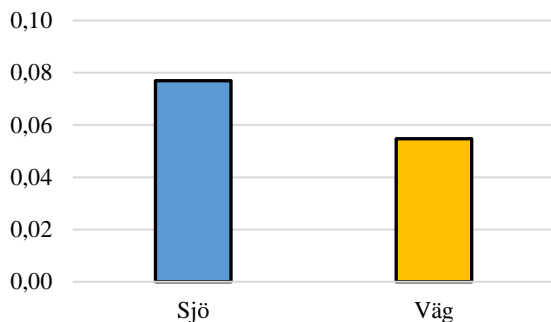
6.2.2. Miljöberäkningar

Miljöberäkningarna för fallstudien om transporter av massor presenteras nedan i Figur 19, Figur 20, Figur 21 och Figur 22. Alternativet ”Sjö” syftar på det multimodala transportupplägget som innebär att materialet fraktas med lastbil mellan Skepplanda och Surte, med fartyg mellan Surte och Trelleborgs hamn. Även utsläpp från fartygets liggtid vid kaj inkluderas i utsläppsberäkningarna.

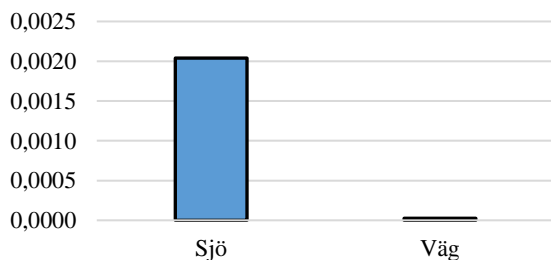
Det är tydligt att det är en stor miljövinst med sjöfart istället för vägtransport gällande klimatpåverkan. För CO₂-utsläpp ger vägtransporten 4 ggr större utsläpp än sjöfartsalternativet. Dock är den lokala påverkan, i form av utsläpp av kväveoxid, svaveldioxid och partiklar högre med sjöfart än vid vägtransport.



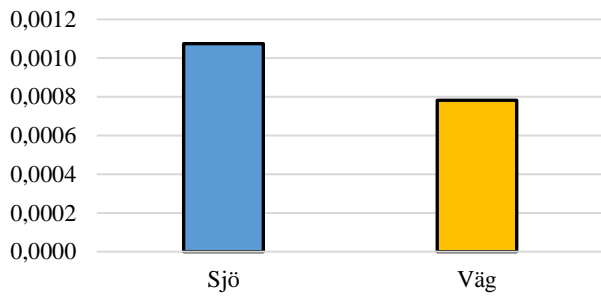
Figur 19: Koldioxidutsläpp (ton) för ett multimodalt transportupplägg (Sjö) jämfört med ett transportupplägg med lastbil (väg)



Figur 20: Kväveoxidutsläpp (ton) för ett multimodalt transportupplägg (Sjö) jämfört med ett transportupplägg med lastbil (väg)



Figur 21: Svaveldioxidutsläpp (ton) för ett multimodalt transportupplägg (Sjö) jämfört med ett transportupplägg med lastbil (väg).



Figur 22: Avgaspartikelutsläpp (ton) för ett multimodalt transportupplägg (Sjö) jämfört med ett transportupplägg med lastbil (väg).

7. Diskussion

I detta avsnitt lyfter vi resultat från tidigare avsnitt och diskuterar dessa med sikten inställt på att besvara syftet med studien: att förstå hur sjöfart kan nyttjas i ökad utsträckning för att transportera cirkulära produkter och material och hur hamnen kan skapa mervärde i utveckling av cirkulära logistiklösningar.

7.1.1. Cirkulära produkter och material

För att kunna besvara syftet är det viktigt att börja med att förstå vilka cirkulära produkter och material som har potential att lyfta sig i avfallstrappan och där det också skulle vara lämpligt att använda sjöfart.

Det är tydligt att vi behöver bli bättre på att använda de råvaror vi redan har om vi menar allvar med att bygga ett fossilfritt Sverige och intresset för cirkulär ekonomi har ökat i samhället. Den nationella avfallsstatistiken visar att det finns många avfallsslag med potential att lyfta sig i avfallstrappan (SMED, 2023). Framför allt finns potential inom kategorierna Bygg- och rivningsavfall och Kommunalt avfall som till stor del tas om hand genom annan återvinning eller bortskaffande trots att de i mycket högre grad skulle kunna materialåtervinnas eller i vissa fall förberedas för återanvändning (SMED, 2023). Även en del avfallsslag inom kategorin Farligt avfall skulle kunna materialåtervinnas i ökad utsträckning (Avfall Sverige, 2017). Logistiska utmaningar är ofta förklaringen till att avfall inte materialåtervinnas eller förbereds för återanvändning (Kjellsdotter Ivert, 2018). Det är dyrt att transportera och behandla avfall samtidigt som materialvärdet är lågt och det råder stora osäkerheter kring efterfrågan (Halldordsson et al., 2019). Återvunna material och återanvända produkter konkurrerar med jungfruliga material och nyproducerade produkter men skiljer sig typiskt inte tillräckligt mycket i pris med tanke på alla osäkerheter och allt merarbete som det kan innebära att köpa återvunna material och återanvända produkter.

De avfallsslag som identifierades som särskilt intressanta i studien var muddermassor, jordmassor, mineralavfall, träavfall, plastavfall, uttjänta däck, uttjänta textilier, planglas, spillolja och flygaska. När det gäller potentialen att nyttja sjöfart i cirkulära logistikkedjor tänker man kanske primärt på lågvärdigt gods i större mängder som ska transporteras längre avstånd (Trafikverket, 2020b; Vierth et al., 2014). Samtliga identifierade avfallsslag utgör lågvärdig gods men det handlar inte nödvändigtvis om stora volymer eller att de behöver transporteras långa avstånd. Massor kommer i stora volymer men är ett material som i största möjliga mån brukar försöka avsättas inom landets gränser. Erfarenheter från en fallstudie i projektet där kalkstabiliserad lera transporterades från Surte hamn i Göteborg till Trelleborgs hamn (Fallstudie massor) visade stor potential i att nyttja sjöfart, både från ett ekonomiskt och miljöperspektiv, trots en relativt kort sträcka längs Sveriges kust. Aktörer i fallstudien såg också framtida möjligheter att nyttja sjöfart för återfyllnadsmaterial mellan Trelleborg och Öresund, där en ny ö projekteras, ett avstånd på ca 5 mil. Oslo hamn, som är en av hamnarna som ingick i projektet har också goda erfarenheter av att transportera massor sjövägen på korta avstånd.

Föreställningen om att sjötransporter förutsätter stora volymer är inte heller nödvändigtvis en sanning. Många av de identifierade avfallsslagen såsom plastavfall, uttjänta textilier, planglas skulle troligen transporteras i container vilket innebär att de kan nyttja ett redan befintligt fungerande transportsystem med sjöfart. Containerfartygen samlastar många olika varuägares volymer vilket sänker tröskeln för att nyttja sjöfart jämfört med om ett dedikerat bulkfartyg skall arrangeras, vilket kräver större volymer. En container kan också liknas vid en lastbil i form av tillgänglig kapacitet, även om lastningen som sådan kräver en annan process eller hantering. Samtidigt betyder en containertransport att varuägaren är beroende av att hitta en hamn som erbjuder containerlinjer för den sträcka man är intresserad av. När det gäller volymer som transporteras med bulkfartyg kan en varuägare däremot sätta upp en egen transportlösning vilket också gjordes i Fallstudie massor. Dock ställer det en hel del krav på

varuägaren som behöver hitta ett lämpligt fartyg och ett rederi som är villig att transportera avfallsslaget och helst även se till så att fartyget använder returlaster för att få ner prisbildan.

Något som blev påtagligt i projektet är att kartbildan förändras snabbt inom den cirkulära ekonomin. Under projektets gång påbörjades driftsättning av Ragn-Sells nya anläggning som i stor skala återvinner värdefulla råvaror från flygaska. Detta innebär att det inte kommer vara intressant att exportera flygaska för materialåtervinning och potentialen i att nyttja sjöfart för dessa flöden utan snarare hur sjöfart kan nyttjas för insamling av flygaska, både i Sverige och från utlandet. Liknande utveckling kan ses för uttjänta textilier som i dagsläget exporteras för sortering, återanvändning och en ytterst liten del för materialåtervinning utomlands men där Norden håller på att bygga upp automatiserad sortering och materialåtervinning (Dukovska-Popovska, 2023). Potentialen för sjöfart kommer därmed inte handla om att exportera uttjänta textilier utan snarare om att samla in uttjänta textilier till automatiserade sorterings- och materialåtervinningsanläggningar i Sverige (vilket troligen också innefattar import av uttjänta textilier) såväl som export av återvunnen råvara. I en av fallstudierna i projektet med Hallands hamnar var det just ett sådant exportflöde av återvunnen råvara baserad på bland annat textilavfall som studerades. Fallstudien exemplifierar vikten av att inte endast prata avfall utan även återvunnen råvara medan Fallstudie massor visar på vikten av att även inkludera återanvända produkter. Sjöfart är därmed inte endast intressant för avfall utan även för återvunnet material och produkter som förberetts för återanvändning. Till den slutgiltiga listan på cirkulära produkter och material adderas således förbehandlade massor, förbehandlade textilier och materialåtervunna textilier.

Viktigt att förstå är att de identifierade cirkulära produkterna och materialen inte är beständiga. Ett intressant material som inte identifierades av projektgruppen specifikt men som ändå diskuterats i projektet via en av fallstudierna med Norrköpings hamn är matrester. Enligt uppskattningar från Naturvårdsverket kan genomförandet av kraven på ökad insamling och materialåtervinning av matavfall innebära att 400 000 ton mer matavfall per år kan tas omhand (Regeringskansliet, 2022). Insamlingen har i sin tur en stor potential för produktion av biogas som kan användas i produktion och transport. Här kan finnas potential för sjöfart både kopplat till insamling av matavfall såväl som för export av biogas, vilket också illustrerades i fallstudien med Norrköpings hamn även om det var etanol som framställdes huvudsakligen av spannmål.

7.1.2. Cirkulära logistiklösningar från ett hamnperspektiv

Som tidigare forskning nämnt har hamnarnas traditionella roll utvecklats från att vara en omlastningsnod till att omfatta mervärdetjänster i logistikkedjan (Noteboom & Winkelmanns, 2001; Chueng et al. 2003; Trafikverket, 2021). Fallstudierna som genomfört under projektet har visat att hamnen kan addera värde till cirkulära produkter och material i form av lagring, konsolidering, stuffning, effektiv hantering men också genom att vara en logistiknod som erbjuder omlastningsmöjligheter mellan olika trafikslag.

Eftersom avfall vanligtvis är geografiskt utspridda och det är viktigt att samla volymer ställs krav på konsolidering (Le Moigne, 2022). Hamnen kan spela en roll genom att erbjuda lagringsmöjligheter och fungera som en knutpunkt för konsolidering. Hallands hamnar erbjöd lagring av Södras produkt OnceMore som är en dissolvingmassa baserad på återvunnet textilavfall och träråvara och används som råmaterial till textilindustrin. Trelleborgs hamn har ett nära samarbete med återvinningsföretaget Ågab som tar hand om massor i nära anslutning till hamnen, vilket gjorde det möjligt att ha tillräckligt stora volymer för att kunna skeppa med just-in-time vägtransporter till hamnen för själva fartygslasten. Även om just-in-time-transporterna fungerade bra på grund av det korta avståndet mellan hamnen och Ågab fanns behov av att lagra volymer före fartygslastningen, vilket skulle kunna minska trycket på transporterna i tid för fartygslastningen. Sådan lagring var dock inte möjlig i hamnen på grund av begränsningar i hamntillstånden.

Hamnen kan också skapa mervärde genom att erbjuda stuffing, vilket också gjordes för OnceMore av Hallands hamnar. Att stuffa containrar är en standardprocedur för många hamnar men ingår kanske inte i varuägarens normala hantering, något som blev tydligt i samtal med avfallsentreprenörer. Slutligen finns det ett värde att som hamn kunna agera logistiknod som sköter omlastningsmöjligheter mellan olika trafikslag. Norrköping hamn spelade en viktig roll genom att hantera flödena av matrester som inkom från många olika platser och via olika trafikslag till Lantmännen Agroetanol bioraffinaderi där etanol produceras.

Vilken roll hamnen kan eller vill ta ser olika ut beroende på vilken hamn man är och var i det cirkulära logistiksystemet man involveras. När det gäller typ av hamn är det intressant att notera att Trelleborg och Oslo hamn har väldigt olika syn på vilken roll de ska ta för hantering av massor. Trelleborgs hamn tillhandahåller en kajplats medan Oslo hamn lagrar och hanterar massor och undersöker möjligheter att även genomföra förbehandlingsaktiviteter. Förklaringen till dessa olika strategier har med stor sannolikhet att göra med att hamnarna har olika verksamhetsinriktning (Nilsson, 2011). Trelleborgs hamn är en RoRo hamn och masshantering utgör ett litet segment medan masstransporter är det stora segmentet för Oslo hamn. Oslo hamn har därmed ett stort intresse att se över hur de kan tillföra värde för masshantering och göra nödvändiga investeringar i utrustning medan Trelleborgs hamn har sin huvudsakliga verksamhet inom RoRo-segmentet och hantering av andra volymer är för småskaliga för att det skall vara lönsamt. Från avfallsentreprenörens perspektiv finns det för- och nackdelar med båda uppläggen. Det är förstås bekvämt att inte behöva ordna med lastning och lossning samt transporter till och från lagringsplats. En flexibel lösning skulle kunna vara att avfallsentreprenören själv får planera lastning och lossning och eventuellt sköta dessa delar på egen hand vilket också öppnar upp för möjligheten att kunna nyttja dygnets alla timmar och inte behöva anpassa sig till stuveriets öppettider och slippa fackliga kostnadsdrivande avtal, något som identifierades i Fallstudie massor.

Materialet och dess försörjningskedja påverkar också vilken roll hamnen kan ta, vilket styrks av tidigare forskning (Mańkowska et al., 2020). OnceMore produceras exempelvis på en och samma plats och skickas till samma kunder och skiljer sig inte åt i sin logistik (transport, lagring och förpackning) gentemot dissolvingmassa producerad på enbart träråvara. Detta underlättar i sin tur möjligheten att bygga relationer med involverade aktörer och utveckla långsiktiga logistiklösningar. Hallands hamnar har exempelvis gjort kundspecifika investeringar i IT och utbildning för att bättre kunna tillgodose Södras behov. Massor däremot kännetecknas av tillfälliga försörjningskedjor i och med att både uppkomst av massor och avsättning för massor ändras i takt med att nya infrastruktur- och byggprojekt uppstår. Detta innebär att logistikupplägget kommer att se annorlunda ut från tid till annan, vilket gör det svårare att bygga upp ett nära samarbete med de aktörer som är involverade i transporten. OneMore och etanol är till skillnad från massor och matrester förädlade produkter så här kommer hamnen in i ett senare skede vilket på flera sätt förenklar hantering och transport eftersom materialen inte klassas som ett avfall.

Oavsett om materialet definieras som ett avfall eller inte blev det tydligt att hamnen kan fungera som en kunskapsförmedlare. Det kan exempelvis handla om att föreslå vilka rederier som ska kontaktas och hur flödena ska transporteras till och från hamnen. Fallstudien massor är ett bra exempel på hamnens roll som kunskapsförmedlare. En överflyttning från väg till sjön innebar en hel del merarbete för Ragn-Sells som är vana vid att använda lastbil för masstransporter. Ragn-Sells erfarenheter ligger i linje med tidigare forskningsresultat, där den begränsade kunskapen om sjötransportalternativ utgjort ett hinder för att byta transportslag från väg till sjöfart ur ett transportköparperspektiv (Styhre et al., 2019).

En faktor av betydelse för användning av sjötransporter är det nära avståndet mellan avsändaren eller mottagare och hamnen (Stelling, 2019). I fallstudien Norrköpings hamn var hamnens läge en viktig faktor för placeringen av Lantmännen Agroetanol bioraffinaderi och OnceMore identifierades av Hallands hamnar som ett intressant flöde för att balansera export-importflödena för containrar.

Hamnen har en viktig roll när det gäller att utnyttja sitt specifika läge och föreslå kostnadseffektiva lösningar med sjötransporter baserat på kunskap om de regionala och lokala flödena.

7.1.3. Cirkulära logistiklösningar med involvering av sjöfart

Om Sverige ska kunna nå målet om att bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer kommer det vara viktigt att ställa om till en cirkulär ekonomi såväl som till ett fossilfritt godstransportsystem. I denna rapport har vi argumenterat för att de nya flöden som uppkommer i samband med en övergång till en cirkulär ekonomi måste vara så effektiva som möjligt, både ur ett ekonomiskt perspektiv och ett hållbarhetsperspektiv. Sjöfart kan spela en viktig roll i denna ekvation eftersom överflytt från väg till mer energieffektiva fordon och farkoster är en del av lösningen (Karlsson et al., 2020). Samtidigt är det viktigt att inse att sjöfarten har en egen resa att göra. De miljöberäkningar som tagits fram i rapporten kopplat till Fallstudie planglas och Fallstudie massor visar att sjöfart innebär minskade koldioxidutsläpp men ökade utsläpp av kväveoxider, svaveldioxid och partiklar. Energiförsörjningen inom den internationella sjöfarten domineras idag av tung eldningsolja och dieselbrännolja samt flytande naturgas LNG, Liquefied Natural Gas (Karlsson m.fl., 2020). Användningen av fossilfria alternativ är begränsad även om det pågår en diskussion kring åtgärder för fossilfri sjöfart såsom segel och rotorframdrift, batterier för elektrisk drift, bränsleceller, metanol, flytande biodrivmedel, biogas och vätgas (Kjellsdotter Ivert et al., 2021).

I den allmänna debatten kan man ibland höra argumentet att i takt med att vägtransporterna elektrifieras så blir alternativa trafikslag inte riktigt lika relevanta. Här är det dock viktigt att lyfta fram att de olika trafikslagen kompletterar varandra. För många flöden, särskilt globala import- och exportflöden är det svårt att konkurrera med sjöfart. Samtidigt behövs ofta vägtransporter för att ta sig från hamnen vidare till slutdestination eller från startdestination. Detta blev väldigt tydligt i Fallstudie planglas där de logistikupplägg som togs fram för samtliga alternativ innefattade minst två trafikslag.

Hållbarhet från ett hamnperspektiv handlar till mycket om miljö- och hälsofrågor, vilket är naturligt i och med att miljökonsekvensbeskrivningar krävs för tillståndsansökningar för hamnprojekt, som inkluderar aspekter såsom buller, utsläpp till luft, utsläpp till vatten, mark och sediment, avfall, natur och kulturmiljö, transporter, energiförbrukning och olyckor (Kjellsdotter Ivert et al., 2021). I samtal med hamnarna uppkom att hamnarnas miljöarbete ses som en viktig del i marknadsföringen och att hamnarna upplever att varuägaren/transportköparen ställer allt högre krav. Det man kanske främst tänker på inom hamnen är energieffektivisering, egen elproduktion med solceller, användning av förnybar el för att driva kranar och portar i terminalen, användning av fossilfritt bränsle för att driva containerhanteringsutrustning. Att hamnen också har en roll att spela för att möjliggöra för en cirkulär ekonomi är uppenbart utifrån resultaten i studien.

7.1.4. Fortsatt forskning

Den här studien fokuserar på hamnens roll i en cirkulär ekonomi eftersom hamnen har en nyckelroll att spela för att möjliggöra för sjötransporter. Samtidigt är sjötransportssystemet ett komplext system med många aktörer och det skulle i fortsatt forskning vara intressant att bredda perspektivet och inkludera rederier och speditörer. På samma sätt har projektet haft ett fokus på de senare delarna i det cirkulära logistiksystemet och inte studerat den finmaskiga insamlingen och endast i en fallstudie inkluderat mottagaren. Fortsatt forskning skulle behöva undersöka möjligheter för sjöfart i de tidigare delarna och inkludera samtliga aktörer i det cirkulära logistiksystemet. Våra resultat indikerade vikten av intermodala transporter och därmed skulle fokus kunna innefatta fler trafikslag än endast sjöfart.

Vi har identifierat ett antal cirkulära produkter och material som har potential att lyfta sig i avfallstrappan och där det är lämpligt att överväga sjöfart för att förflytta sig genom det cirkulära logistiksystemet. SHREK-projektet har studerat några av dessa material medan andra endast identifierats. I fortsatt forskning skulle det vara intressant att titta mer detaljerat på samtliga identifierade cirkulära produkter och material inklusive matavfall och biogas. Under projektets gång

växte intresset för masshantering både från beställarhåll såsom Trafikverket men även från byggtreprenörer, kommuner och hamnar. En bättre förståelse för de hinder som hämmar en återanvändning av massor behövs, samt ta fram lösningar för att överbygga dessa hinder. En del utmaningar har identifierats under projektet. Det handlar bland annat om att masshantering kräver plats (vilket kan ställa krav på prioriteringar från myndigheters sida), kartläggning mellan behov och efterfrågan, fartyg som passar för denna typ av transport (särskilt om det handlar om inrikestransporter, behöver kunna ta sig fram på inlandsfarvatten), utmaningar kopplat till att kunna komma i land (alla hamnar har inte tillstånd att ta emot avfall). I dessa sammanhang skulle det behövas en innovativ approach när det gäller lastning- och lossningsförfarandet. Måste det finnas en hamn för att kunna lasta och lossa? Vad finns för möjligheter att använda mobila/flexibla kajlösningar (ex pråmbaserade) i och utanför etablerade hamnar som kan göra hamnkapacitet och sjötransporter med flexibla, tillgängliga och konkurrenskraftiga? Skulle man kunna undvika att ställa av massor på marken under lossning och lastning och gå direkt från lastbil till fartyg och vice versa, exempelvis via transportband från fartyg till lastbil? Lärdomar skulle kunna hämtas från Nordnorge där det finns exempel på fartyg som kan lägga till direkt mot en landyta. Ett ytterligare intressant område för fortsatt forskning är frågan kring hur långt det är värt att transportera cirkulära produkter och material för att höja sig i avfallstrappan. Miljöeffekterna i projektet är mer än bara transporternas påverkan. I framtida projekt skulle det vara intressant att också ta in helhetsperspektivet med miljöeffekter av materialets materialåtervinning och återanvändning.

Det är också värt att lyfta fram behovet av fortsatt forskning kring sjöfartens utmaningar i form av stuveriet och dess påverkan på hamnarnas möjligheter att uppfylla aktörernas behov inom cirkulär logistik. Detta är ett forskningsområde som tidigare studier framhävts som viktiga för att öka konkurrenskraften inom sjöfarten och hamnars attraktionskraft (bl.a. Kjellsdotter och Ivert, 2021). Det är anmärkningsvärt att SHREK-projektet identifierat oerfarna aktörer med potentiellt nya sjöfartsflöden, som snabbt sett denna problematik, vilket tyvärr skulle kunna hämma framfarten att nyttja sjöfart i cirkulära logistiklösningar.

8. Slutsatser

Syftet med rapporten är att förstå hur sjöfart kan nyttjas i ökad utsträckning för att transportera cirkulära produkter och material och hur hamnen kan skapa mervärde i utveckling av cirkulära logistiklösningar. För att besvara detta syfte har litteraturstudier, workshops och fallstudier genomförts.

De slutsatser som dras kopplar till ett antal områden: (1) vilka cirkulära produkter och material som har potential att lyftas i avfallstrappan i kombination med att nyttja sjöfart, (2) hamnens roll i utvecklingen av cirkulära logistiklösningar och (3) sjöfart som en transportlösning mot ett fossilfritt samhälle. Dessutom lyfts ett antal viktiga områden för fortsatt forskning fram.

1. Vilka cirkulära produkter och material har potential att lyftas i avfallstrappan och är lämpliga att transporteras med sjöfart?
 - De cirkulära produkter och material som identifierades som särskilt intressanta i studien var muddermassor, jordmassor, mineralavfall, förbehandlade massor, träavfall, plastavfall, uttjänta däck, uttjänta textilier, sorterade och återvunna textilier, planglas, spillolja och flygaska.
 - Samtliga cirkulära produkter och material innefattar lågvärdigt gods, där sjöfart skulle kunna nyttjas även om avståndet inte är långt, (såsom nationella/internationella kusttransporter, eller korta internationella sträckningar, t.ex. över Öresund) eller volymerna inte nödvändigtvis är stora.
 - Bulk och container är de sjötransportsegment som visat sig aktuella för de identifierade avfallsslagen, där bulk avser dedikerade transportlösningar med större volymer och container avser flexibla volymer (även enskilda containers) som kan hanteras inom ramen för befintlig containertrafik.
 - Den snabba utvecklingen inom cirkulär ekonomi gör att nya intressanta material och nya cirkulära logistikkedjor kommer kunna ta plats i diskussionen framgent.
2. Vilken är hamnens roll i utvecklingen av cirkulära logistiklösningar?
 - I de nya cirkulära logistikkedjorna som sätts upp har hamnen en viktig roll. Hamnen känner till den lokala industrin och de lokala förutsättningarna för effektiva logistikupplägg och är en central kugge i detta aktörsnätverk. Hamnen kan se möjligheter kring vilka volymer som kan samordnas och kan generellt förmedla kunskap om lämpliga kontakter och föreslå effektiva lösningar till avfallsentreprenörer, som eventuellt är nybörjare i sjöfartsvärlden vilket demonstreras i fallstudierna.
 - Projektet demonstrerar behov från avfallsentreprenörerna att nyttja sjöfart och värdeadderande aktiviteter i hamnen i stor utsträckning för nya cirkulära produkter och material. Hamnen kan skapa värde i form av lagring, konsolidering, stuffning, effektiv hantering men också genom att vara en logistiknod som erbjuder omlastningsmöjligheter mellan olika trafikslag. Avfallsentreprenörerna lyfter fram behov av lagring och även möjlighet till lastning och lossning under dygnets alla timmar. En utmaning för att få effektivitet i nya cirkulära logistikupplägg är kopplat till sjöfartens kostnadsstruktur, bl.a. tiderna i hamn och hamnavgifter för stuveritjänster, vilket är ett komplext pussel för nya aktörer som nyttjar sjöfarten.
3. Hur kan sjöfart bidra till fossilfria transporter i cirkulär logistik?
 - Även om fallstudierna visar en stor potential i att minska klimatpåverkan i transporterna genom att nyttja sjöfart i cirkulära logistikupplägg så medvetandegör

projektet sjöfartens problematik i de lokala utsläppen, och den resa som även sjöfarten står inför för att nå helt fossilfria operationer. I detta arbete ingår även hamnarnas hållbarhetsarbete, där det just nu pågår en stark utveckling inom svenska hamnar.

4. Vilken fortsatt forskning behövs?

- Undersökning av möjligheterna för sjöfart i de tidiga delarna av det cirkulära logistiksystemet och inkludera samtliga aktörer, såsom avsändare, mottagare, rederi, hamn och speditör.
- Fördjupning av sjöfart i cirkulära logistikupplägg för specifika material, såsom innovativa sjöfartslösningar för massor.
- Cirkulära logistiksystem ur ett systemperspektiv – uppnå en bättre förståelse för sambandet mellan transporten av cirkulära produkter och material och uppnådd miljönytta i form av besparad miljöpåverkan genom minskad utvinning av ny råvara.
- Sjöfartens utmaningar i form av stuveriet och dess påverkan på hamnarnas möjligheter att uppfylla aktörernas behov inom cirkulär logistik.

Referenser

- Alavi, A., Nguyen, H., Fei, J. & Sayareh, J. (2018), "Port Logistics Integration: Challenges and Approaches", *International Journal of Supply Chain Management*, Vol. 7, No. 6, pp. 389-402.
- Avfall Sverige (2017). "Vart går det farliga avfallet? En sammanställning om behandling av svenskt farligt avfall i Sverige och Europa". Rapport 2017:21.
- Avfall Sverige, (2023). "Ordlista". <https://www.avfallsverige.se/fakta-statistik/ordlista>
- Avfall Sverige (2023b). "Fakta och statistik". <https://www.avfallsverige.se/fakta-statistik/insamling/matavfall/i-mal-med-matavfallet/>
- Carpenter, A.; Lozano, R.; Sammalisto, K.; Astner, L. (2018) "Securing a port's future through Circular Economy: Experiences from the Port of Gavle in contributing to sustainability.", *Mar. Pollut. Bull*, Vol. 128, pp. 539–547.
- Cheung, R., Tong, J. & Slack, B. (2003), "The transition from freight consolidation to logistics: the case of Hong Kong", *Journal of Transport Geography*, Vol. 11, No. 4, pp. 245-253, doi: 10.1016/S0966-6923(03)00020-6.
- Cullinane, K., Song, D.-W. and Gray, R. (2002), "A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in asia: Assessing the influence of administrative and ownership structures", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 36, No. 8, pp. 743-762.
- de Brito, M. P., Dekker, R. & Flapper, S. D. P. (2005), "Reverse Logistics: A Review of Case Studies", in: Fleischmann B., Klose A. (Ed.), *Distribution Logistics. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Vol. 544. Springer, Berlin, Heidelberg, doi: 10.1007/978-3-642-17020-1_13.
- De Langen, P., & Sornn-Friese, H. (2019), "Ports and the circular economy", in: *Green ports*. Elsevier, pp. 85-108.
- Dokovska-Popovska, I., Kjellsdotter Ivert, L., Jonsdottir, H., Dreyer, H. and Kapia, R. (2023). "The supply and demand balance of recyclable textile in the Nordic countries". *Waste Management* 159, 154-162.
- Dooms, M. (2019), "Stakeholder management for port sustainability: moving from ad-hoc to structural approaches", in: *Green ports*. Elsevier, pp. 63-84.
- Elkretsen (2023). "Om oss". <https://www.el-kretsen.se/om-oss>
- Ellen Macarthur Foundation, (2019). "Completing the picture – How the circular economy tackles Climate Change". https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Completing_The_Picture_How_The_Circular_Economy-Tackles_Climate_Change_V3_26_September.pdf
- Fleischmann, M., Krikke, H.R., Dekker, R., and Flapper, S.D.P. (2000), "A characterization of logistics networks for product recovery", *Omega*, 28, pp. 653–666. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(00\)00022-0](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(00)00022-0)
- Flygansvær, B., Samuelson, A.G. and Støyle, R.V. (2021), "The power of nudging: how adaptations in reverse logistics systems can improve end-consumer recycling behavior", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 51 No. 9, pp. 958-977.

Fråne, A., Youhanan, L., Ekvall, T. och Jensen, C. (2016). ”Avfallsimport och materialåtervinning”. *Avfall Sverige*. Rapport 2016:23.

Garberg, B. & Bengtsson, M. (2020). Färdplan för överflyttning av godstransporter från väg till järnväg och sjöfart. *Trafikverket* 2020:054.

Garberg, B. (2016). ”Regeringsuppdrag Analys av utvecklingspotentialen för inlands- och kustsjöfart i Sverige”, Huvudrapport. *Sjöfatsverket*. Dnr 16-00767.

Gravagnuolo, A.; Angrisano, M.; Girard, L.F. (2019), “Circular Economy Strategies in Eight Historic Port Cities: Criteria and Indicators Towards a Circular City Assessment Framework.”, *Sustainability*, Vol. 11, No. 13, pp. 3512.

Haezendonck, E. and Van Den Berghe, K. (2020), "Patterns of circular transition: What is the circular economy maturity of belgian ports?", *Sustainability*, Vol. 12, No. 21, pp. 9269.

Halldórsson, Á., Altuntas Vural, C. and Wehner, J. (2019), “Logistics service triad for household waste: consumers as co-producers of sustainability”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 49 No 4, pp. 398-415. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2019-0065>

Hållbarhetsguiden (2018) <http://www.svid.se/sv/Hallbarhetsguiden/Process/Metoder/Cirkular-ekonomi>

Johansson, M., Vierth, I. & Holmgren, K. (2021). Klimat- och miljöeffekter av att flytta godstransporter från väg – Beräkningar för år 2017, 2030 och 2040. *VTI rapport* 1091.

Jäämaa L. and Kaipia, R. (2022), “The first mile problem in the circular economy supply chains – Collecting recyclable textiles from consumers”, *Waste Management*, 141, pp. 173-182. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.012>

Kalantari, J., Kjellsdotter Ivert, L., Liljestrand, K. och Ekci, S. (2019). ”Effektiva cirkulära flöden – en förstudie om hur cirkulära flöden kan nyttja överkapaciteten i befintligt distributionssystem”, *Slutrapport Triple F*.

Karlsson, J., Kjellsdotter Ivert, L. & Brunner, S. (2020). Triple F Etableringsprojekt Omvärdsanalys Logistik. Triple F. Trafikverket.

Kjellsdotter Ivert, L., Fredriksson, A., Johansson, M. och Sundin, E. (2018). ”Ett effektivt cirkulationssystem för nyttiggörande av hushålls och verksamhetsavfall”, *Slutrapport Re:Source*.

Kjellsdotter Ivert, L., Merkel, A., Kalantari J., Santén, V., Svanberg, M. von Wieding, S. (2021), Intressentanalys av Sveriges hamninfrastruktur. *Lighthouse* report.

Lumsden, K., Stefansson, G. & Woxenius, J. (2019). Logistikens grunder, *Studentlitteratur*.

Mańkowska, M., Kotowska, I. & Pluciński, M. (2020), “Seaports as Nodal Points of Circular Supply Chains: Opportunities and Challenges for Secondary Ports”, *Sustainability*, Vol. 12, No. 9, doi: 10.3390/su12093926.

Miljöbalk (1998:808) Sveriges Riksdag. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808#K15

Naturvårdsverket (2018). "Cirkulär ekonomi". <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-isamhallet/EU-och-internationellt/EUs-miljooarbete/Cirkular-ekonomi/>

Naturvårdsverket (2020). Rapport 6946. "Att göra mer med mindre. Nationell avfallsplan och avfallsförebyggande program 2018-2023". Reviderad 2020. Naturvårdsverket. ISBN 978-91-620-6946-

Naturvårdsverket (2023b). "Producentansvar – från resurser i avfall till cirkulär ekonomi". <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/pagaende-arbeten/producentansvar-for-att-forebygga-avfall/>

Naturvårdsverket, (2023) "Vägledning – bedömning av när avfall upphör att vara avfall". <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/bedomning-av-nar-avfall-upphor-att-vara-avfall/>

Nilsson, E (2011), "Hallands hamnar och kombitrafik", Region Halland, online: <https://docplayer.se/5737586-Hallands-hamnar-och-kombitrafik.html>

Nordic Innovation (2022). Towards a sustainable circular system of textiles in the Nordics. <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1719494/FULLTEXT03.pdf>

Notteboom, T., van der Lugt, L., van Saase, N., Sel, S. & Neyens K. (2020), "The Role of Seaports in Green Supply Chain Management: Initiatives, Attitudes, and Perspectives in Rotterdam, Antwerp, North Sea Port, and Zeebrugge", Sustainability, Vol. 12, No. 4, doi: 10.3390/su12041688

Ragn-Sells (2023). [Kompetensföretag inom återvinning \(ragnsells.se\)](https://www.ragnsells.se)

Re:Source (2022). <https://news.cision.com/se/re-source/r/den-svenska-ekonomi-ar-bara-3-4---cirkular,c3548932>

Regeringskansliet (2022), <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/12/forbatttrad-insamling-av-matavfall-kan-ge-mer-biogas/>

Regeringskansliet (2022). "Förbättrad insamling av matavfall kan ge mer biogas". Pressmeddelande. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/12/forbatttrad-insamling-av-matavfall-kan-ge-mer-biogas/>

Regeringskansliet, (2020). Regeringens politik - Transporter och infrastruktur - Mål för transporter och infrastruktur - Mål för transportpolitiken.

Roberts, T.; Williams, I.; Preston, J.; Clarke, N.; Odum, M.; O’Gorman, S. (2021), "A Virtuous Circle? Increasing Local Benefits from Ports by Adopting Circular Economy Principles.", Sustainability, Vol. 13, No. 13, pp. 7079. <https://doi.org/10.3390/su13137079>

Sjöstrand, H., Merkel, A. & Vierth, I. (2021). Hållbar inlandssjöfart i Sverige – Offentlig upphandling som effektivt styrmedel? VTI rapport 1081.

SMED (2018). "Avfall i Sverige 2016". På uppdrag av Naturvårdsverket. Rapport 6839. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6839-4.pdf?pid=22595>

SMED (2018). Svenska textilflöden- textilflöden från välgörenhet och utvalda verksamheter. Rapportnummer 2. Naturvårdsverket. <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1241255/FULLTEXT01.pdf>.

- SMED (2019). Kartläggning av plastflöden i Sverige. Naturvårdsverket.
- SMED (2019). Kartläggning av plastflöden i Sverige. På uppdrag av Naturvårdsverket.
<http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1327285/FULLTEXT02.pdf>
- SMED (2020). Avfall i Sverige 2018 – Uppkomst och behandling. Rapportnummer 6932.
Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/6900/avfall-i-sverige-2018>
- SMED (2022). Avfall i Sverige 2020 – Uppkomst och behandling. Rapportnummer 7048.
Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/7000/978-91-620-7048-9>.
- SOU (2020:72). Producentansvar för textil - en del av den cirkulära ekonomin. Statens Offentliga Utredningar 2020:72, Miljödepartementet.
- SOU (2016:47). En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige. Statens offentliga utredningar (2016:47).
- SOU (2017:22). Från värdekedja till värdecykel så får Sveriges en mer cirkulär ekonomi, Statens Offentliga Utredningar (2017:22).
- Stelling, P., Woxenius, J., Lamngård, C., Petersson, B., & Christodoulou, A. (2019), "Förlängda sjöben: när-och kustsjöfartens potential". *Triple F*, Rapportnr. 21.
- Stockholm vatten och avfall (2023). "2024 tar kommunerna över insamlingen av förpackningsavfall från hushållen". <https://www.stockholmvattenochavfall.se/artiklar-listsida/nya-regler-forpackningsinsamlingen/>
- Sverige Kommuner och Regioner (2022). Ägarstyrning av kommunala hamnar - En handledning, ISBN: 978-91-8047-117-6.
- Sveriges hamnar (2022) Statistik från Sveriges Hamnars hemsida:
<https://www.transportforetagen.se/globalassets/vara-forbund/sveriges-hamnar/hamnstatistik/hamnstatistik-2022-q4.pdf?ts=8db1aff2dc62480>
- Sweco (2019), Omvärldsbevakning och analys Malmö hamn – underlag Masterplan.
[https://motenmedborgarportal.malmo.se/welcome-sv/namnder\[1\]styrelser/tekniska-namnden/mote-2020-06-12/agenda/bilaga-2-omvarldsbevakning-och-analys-av-malmo-hamn-sweco\[1\]190826pdf?downloadMode=open](https://motenmedborgarportal.malmo.se/welcome-sv/namnder[1]styrelser/tekniska-namnden/mote-2020-06-12/agenda/bilaga-2-omvarldsbevakning-och-analys-av-malmo-hamn-sweco[1]190826pdf?downloadMode=open)
- Sysav (2023). "Detta gör Siptex-anläggningen". <https://www.sysav.se/om-oss/forskning-och-projekt/siptex/>
- Takman, J., Trosvik, L., Vierth, I., Klintbom, P., Huffmeier, J. (2019). Systemövergripande uppföljning 2019 – Uppföljning av hur godstransporter närmar sig det svenska klimatmålet 2030. *Triple F* leverans [2019.1.16]
- Tongzon, J., Chang, Y.-T. and Lee, S.-Y. (2009), "How supply chain oriented is the port sector?", *International Journal of Production Economics*, Vol. 122, No. 1, pp. 21-34.
- Trafikanalys (2019), "Hamnar i fokus". Rapport 2019:7, Stockholm.
- Trafikanalys, (2016:6). "Godstransporter - en omvärldsanalys". Rapport 2016:6
- Trafikanalys. (2016:7). "Godstransporter i Sverige – en nulägsanalys". Rapport 2016:7.

Trafikverket (2019), "Handlingsplan för inrikes sjöfart och närsjöfart". Rapport handlingsplan 2019:111.

Trafikverket (2020a), "Färdplan för överflyttning av godstransporter från väg till järnväg och sjöfart", 2020:054.

Trafikverket (2020b). "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0". [ASEK 7.0 Hela rapporten \(trafikverket.se\)](https://www.trafikverket.se/asek/asek-7-0-hela-rapporten)

Trafikverket (2021), "Rapport Tilläggsuppdrag hamnar". Rapport 2021:172.

Trafikverket (2023), "Prognos för godstransporter 2040 – Trafikverkets Basprognoser 2023". Rapport 2023:069.

Transportstyrelsen, (2023)"Lastfartyg".
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Fartygstyper/Lastfartyg/>

Vierth, I., L. Jonsson, R. Karlsson and M. Abate (2014). "Konkurrensyta land och sjötransporter". Stockholm, VTI

Watson, D., Trzepacz, S., Gravgaard Pedersen O., (2018). "Mapping of textile flows in Denmark". Danish EPA Environmental Project No. 2025.

OM VTI

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Vi bedriver forskning och utveckling för att förbättra kunskapen om infrastruktur, trafik och transporter. Genom vårt arbete bidrar vi till att nå Sveriges transportpolitiska mål för tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa.

Vi utför forskning på uppdrag inom alla transportslag och arbetar i en tvärvetenskaplig organisation. Den kunskap vi genererar ger viktig information till aktörer inom transportsektorn och används ofta direkt i nationell och internationell transportpolitik.

Utöver forskning erbjuder vi utredningar, rådgivning samt olika mät- och provningstjänster. På VTI har vi avancerad forskningsutrustning av olika slag och världsledande körsimulatorer. Vi har även ackrediterade laboratorier för vägmaterial och krocksäkerhetstestning.

Biblioteket vid VTI är en nationell resurs för alla trafikslag inom transportforskningsområdet. Informationssökning, omvärldsbevakning, resultatspridning och rådgivning i hur information om publikationer och projekt bör struktureras på en webbplats är exempel på tjänster.

I Sverige samarbetar VTI med universitet och högskolor som bedriver relaterad forskning och utbildning. Vi deltar regelbundet i internationella forskningsprojekt, främst i Europa, och är aktiva inom internationella nätverk och allianser. Vi är cirka 240 medarbetare och finns i Linköping, Stockholm, Göteborg och Lund.

vti

Statens väg- och transportforskningsinstitut • www.vti.se • vti@vti.se • +46 (0)13-20 40 00
