

Linköpings universitet
Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling
Civilingenjörsprogrammet – Energi, Miljö & Management
Masteruppsats 30 hp
Vårterminen 2020
LIU-IEI-TEK-A-20/03725—SE

Återanvändning av små elmotorer

*En utredning av återanvändningspotentialen för små elmotorer
i elektronikavfall*

Reuse of small electric motors
*An investigation of the potential of reusing small electrical motors in
electrical appliances*

*Sebastian Bergin
Oskar Ohlfeldt*

Examinator: *Joakim Krook*
Handledare: *Erik Sundin*

July 1, 2020



Linköpings universitet
581 83 Linköping
Sverige

Förord

Det här arbetet är skrivet våren 2020 som avslutning på civilingenjörsutbildningen energi, miljö, management (EMM) på Linköpings universitet för institutionen för ekonomisk och industriell utveckling. Examensarbetet genomfördes i samarbete med Stena Recycling samt Linköpings universitet.

Vi vill rikta ett stort tack till alla er som har ställt upp på intervjuer, stöttning och vägledande samtal. Att ni har tagit er tid till detta har möjliggjort det här arbetet och det intresse ni har visat har motiverat oss att fortsätta gräva djupare i området. Vi vill rikta ett litet extra tack till er på Electrolux och Stena Recycling som har ställt upp på många intervjuer och väglett oss genom vår resa.

Vi vill rikta ett tack till vår handledare Erik Sundin, examinator Joakim Krook, projektägare Hitomi Lorentsson samt våra opponenter Johan och Marcus, som har varit med genom hela arbetet och kommit med värdefulla åsikter och tips. Ej relaterat till arbetet vill vi även tacka Clairö för att hon alltid funnits där för oss sömnlösa nätter.

Nu lämnar vi studietiden bakom oss och börjar med nästa kapitel i livet, förhoppningsvis med tillräckliga verktyg i vår lilla låda för att kunna bidra till en hållbar utveckling. C'est la vie, och allt vad det innebär.

Sebastian Bergin & Oskar Ohlfeldt

Abstract

The consumption of electronic products is constantly increasing and the stream of electronic waste is greater than ever. The majority of all electronic waste is landfilled and it is difficult to utilize all material when recycled. The increased consumption leads to an increased mining industry, which in turn is related to a variety of environmental problems. One way to reduce the impact of consumption is to reuse products and materials to make production more sustainable. One product that has a high potential for reuse is a small electric motor.

Small electric motors are used for a variety of applications in products such as cars, household appliances and other various electronic devices. These electric motors often have a longer life-span than the products that they are in, suggesting a potential for reuse. This study investigates the possibility of reusing electric motors. The purpose of this study has been to investigate the conditions for re-use of electric motors in end-of-life products.

This has been done through market analysis to identify opportunities, requirements, and barriers utilizing interviews with various organizations working with electric motors. The organizations have also been interviewed to find various criteria that affect the potential of an electric motor. A flow mapping has also been carried out to quantify in which products and the number of electric motors available in Sweden. The potential assessment and the flow mapping were combined to find products containing electric motors with great potential for reuse. This was supplemented with economic calculations to find the value of a reusable electric motor.

The results from the potential assessment showed that there are six criteria that literature and actors describe as the most important for the re-use of electric motors: Engine price, time for disassembly, quantity, quality, accessible information, and a developed product. The market analysis showed that the main opportunities with the recycling of electric motors were the quantities of electric motors, interest from different industries, opportunities from a new market, institutional drivers, standardized electric motors, the electric motor used as a spare part and the further development of categorization at recycling centers. Barriers with the recycling of electric motors are described as problems with the logistics of electric motors, distribution of quality between re-used electric motors, complex cooperation between the organizations, immature market, recycling benefited over reuse in directives and regulations, difficulties in adapting the electric motor in a new product and barriers linked to production.

The flow mapping showed that there is a large number of electric motors in Sweden, but also stored in companies and in private homes. The flow mapping combined with the potential assessment showed that there are mainly five products of great interest for reuse: vacuum cleaners, screwdrivers, mixers, dishwashers, and robotic lawnmowers. Where robotic lawn mowers are considered to have the greatest potential, due to the expensive electric motor. The economic calculation showed that brushless electric motors have great potential for reuse, because of the long service life and high cost.

In summary, there is considerable potential for reused brushless electric motors in terms of quantity, quality, service life, and price. There is a trend where electric motors are starting to become more standardized which will facilitate future reuse. Furthermore, there is a potential to sell the electric motors as spare parts. Barriers to reuse have been identified as collaboration difficulties, adaptation of electric motors to a new product and problems related to logistics.

Sammanfattning

Konsumtionen av elektroniska produkter ökar ständigt och strömmarna av elektroniskt avfall är större än någonsin. Globalt hamnat majoriteten av allt elektroniskt avfall på deponi och även om det återvinns är det svårt att ta tillvara på allt material. Den ökade konsumtionen leder bland annat till en ökad gruvindustri som i sin tur är relaterad till en mängd olika miljöproblem. Ett sätt att minska konsumtionens påverkan är att återanvända produkter och material för att göra produktionen mer hållbar. En produkt som har god potential att återanvändas är små elmotorer.

Små elmotorer används för en rad olika tillämpningar i produkter som bilar, hushållselektronik och andra olika elektroniska apparater. Dessa elmotorer har ofta en längre livscykel än de produkter de sitter i vilket tyder på möjligheter för återanvändning. I denna studie undersöks möjligheten att återanvända elmotorer. Syftet med denna studie har varit att undersöka förutsättningarna för återanvändning av elmotorer i uttjänta produkter.

Detta har genomförts genom en marknadsanalys för att identifiera möjligheter, krav och barriärer med hjälp av intervjuer med olika aktörer som arbetar med elmotorer. Aktörerna har även intervjuats för att finna olika kriterier som påverkar potentialen för en elmotor. Det har även genomförts en flödeskartläggning för att kvantifiera i vilka produkter och vilken kvantitet av elmotorer som finns i Sverige. Potentialbedömningen och flödeskartläggningen kombinerades för att finna produkter som innehåller elmotorer med en stor potential för återanvändning. Detta kompletterades med ekonomiska kalkyler för att försöka finna värdet på en återanvänd elmotor.

Resultatet visade att det finns främst sex kriterier som litteratur och aktörer beskriver som viktigast för återanvändning av elmotorer: Motorpris, demonteringstid, kvantitet, kvalitet, lättillgänglig information samt en etablerad produkt. Marknadsanalysen visade att de främst möjligheterna med återanvändning av elmotorer var det stora flödet av elmotorer, intresse från olika branscher, möjligheter med att en ny marknad skapas, institutuinella drivkrafter, elmotorer börjar standardiseras, elmotor som reservdel samt att det sker en utveckling i kategorisering på återvinningscentraler. Barriärer med återanvändningen av elmotorer beskrivs som problem kopplat till logistiken av elmotorer, kvalitetsspridning på elmotorer, kräver komplext samarbete mellan olika aktörer, omogen marknad, återvinning gynnas över återanvändning i direktiv och förordningar, svårigheter med att anpassa elmotorn i en ny produkt samt barriär kopplade till produktion.

Flödeskartläggningen visade att det finns en stor kvantitet av elmotorer i Sverige, men även upplagrade på företag och i privatpersoners hem. Flödeskartläggningen kombinerat med potentialbedömningen visade att det finns främst fem produkter av stort intresse för återanvändning: dammsugare, skruvdragare, mixers, diskmaskiner samt robotgräsklippare. Där robotgräsklippare anses ha störst potential, på grund av den dyra elmotorn. Den ekonomiska kalkylen visade att borstlösa elmotorer har en stor potential för återanvändning, på grund av den långa livslängden samt höga kostnaden.

Sammanfattningsvis anses det finnas en stor potential att återanvända borstlösa elmotorer med avseende på kvantitet, kvalitet, livslängden och det höga priset. Det beskrivs även att elmotorer börjar att bli mer standardiserade vilket kommer underlätta för framtida återanvändning. Ytterligare en möjlighet är att sälja elmotorer som reservdelar till producenter. Identifierade barriärer kopplade till återanvändning är det komplexa samarbetet som krävs mellan aktörerna, anpassningssvårigheter för elmotorer i en ny produkt samt problem kopplade till logistik vid hanteringen av elmotorer.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Syfte och forskningsfrågor	2
1.2 Disposition	3
2 Bakgrund	5
2.1 Avfall och avfallsströmmar	5
2.1.1 KN-koder	6
2.1.2 Uttjänta produkter	7
2.1.3 Konsumtionsbeteenden	7
2.2 Elmotorer	8
2.2.1 Likströmsmotorer	8
2.2.2 Växelströmsmotorer	9
2.2.3 Material i elmotorer	9
2.2.4 Direktiv, lagar och regleringar	9
3 Återanvändning	13
3.1 Återanvändning	13
3.2 Demontering	18
3.3 Flödesanalys	18
3.3.1 Flödesanalys för avfallshantering	19
4 Metod	21
4.1 Forskningsplan	21
4.2 Bakgrundsstudie	23
4.3 Potentialbedömning	23
4.4 Marknadsanalys	24
4.5 Flödeskartläggning	26
4.5.1 Antaganden för flödeskartläggning	29
4.6 Produktkartläggning	30
4.7 Analysmetod	31
5 Resultat	33
5.1 Potentialbedömning	33
5.2 Möjligheter och barriärer för återanvändning av små elmotorer	35
5.2.1 Möjligheter för återanvändning	35
5.2.2 Barriärer för återanvändning	37
5.3 Flödeskartläggning	38
5.4 Produktkartläggning	41
5.4.1 Dammsugare	42
5.4.2 Skruvdragare	43
5.4.3 Matmixer	44
5.4.4 Diskmaskiner	44
5.4.5 Robotgräsklippare	45
5.4.6 Sammanfattning produktkartläggning	46
6 Diskussion	47

6.1	Resultat	47
6.2	Marknadsanalys	49
6.3	Potential för återanvändning	51
6.4	Metoddiskussion	53
6.5	Avslutande reflektion	54
7	Slutsatser	57
	Referenser	59
	Bilaga	65

Figurförteckning

1	Illustration över hur avfall och avfallsströmmar rör sig i Sverige.	5
2	En produkts flöde från materialutvinning till att produkten bortskaffas.	13
3	Tillvägagångssättet för att genomföra arbetet.	21
4	Tillvägagångssättet för att genomföra flödeskartläggningen.	26
5	Tillvägagångssättet för produktskartläggning.	30
6	Illustration över att de olika resultaten bidrar till syftet.	32
7	Skillnaden i konsumtionen av stora hushållsapparater 2015 till 2018.	73
8	Skillnaden i konsumtionen av små hushållsapparater 2015 till 2018.	73
9	Skillnaden i konsumtionen av IT-utrustning 2015 till 2018.	74
10	Skillnaden i konsumtionen av hemutrustning 2015 till 2018.	74
11	Skillnaden i konsumtionen av elektroniska verktyg och redskap 2015 till 2018.	75

Tabellförteckning

1	De 11 kategorier som elektroniskt avfall delas upp i studien	6
2	Exempel över KN-koder som sammanställer Import och export av olika produkter.	7
3	Överblick över valda tillvägagångssätt för att besvara frågeställningarna.	22
4	Produktströmmar och var data kring dessa hämtades	27
5	Intervjuade aktörer för utredning av återanvändningspotentialen	31
6	De viktigaste kriterierna som påverkar potentialen för återanvändning samt kommentar till varför och hur den påverkar potentialen. Kriterierna är baserade på intervjuer samt litteratur om återanvändning.	33
7	Möjligheter och barriärer för återanvändning av elmotorer. Dessa olika nyckelord sammanställdes från intervjuer av olika aktörer.	35
8	Antal elmotorer som kommer till ÅVC från stora hushållsapparater.	39
9	Antal elmotorer som kommer till ÅVC från små hushållsapparater.	40
10	Antal elmotorer som kommer till ÅVC från IT.	40
11	Antal elmotorer som kommer till ÅVC från elektroniska verktyg och redskap.	40
12	Antal elmotorer som kommer till ÅVC från elektroniska verktyg och redskap.	41
13	Potentialbedömning av de valda produkterna. Resultatet är färgkodat, där grön färg indikerar på hög potential, gul färg indikerar på mellan potential samt röd färg indikerar låg potential.	41
14	Flöde och upplagrade dammsugare 2018	42
15	Flöde och upplagrade skruvdragare 2018	43
16	Flöde och upplagrade mixers 2018	44
17	Flöde och upplagrade diskmaskiner 2018	45
18	Mängd avfall inom varje avfallskategori [El-kretsen, 2018].	76
19	Konsumtion av Stora hushållsapparater 2018.	76
20	Konsumtion av Små hushållsapparater 2018.	77
21	Konsumtion av IT-utrustning 2018.	77
22	Konsumtion av hemutrustning för 2018.	77
23	Konsumtion av elektroniska verktyg och redskap för 2018.	78
24	Beskrivning av de valda KN-koderna för flödeskartläggningen.	79
25	Potentialbedömning av de valda produkterna.	86

Nomenklatur

CAE: Computer Aided Engineering, samlingsnamn på simuleringar som skapas för att testa komponenter i en produkt.

EEE: Elutrustning och elektroniska produkter, på engelska: **Electronic and Electrical Equipment**

El-kretsen: Organisation som skapades 2001 av 19 olika företag för att kunna göra återvinningsprocessen smidigare och underlätta för företagen med producentansvaret. Har ett rikstäckade insamlingssystem.

Flödeskartläggning: Kvantifiering av flödet av en produkt eller material.

Flödesanalys: Analys från flödeskartläggningen. Används för att identifiera trender i flödeskartläggningen och försöka dra slutsatser från datan.

KN-kod: KN står för Kombinerade Nomenklaturen. Används som varukod för att rapportera hur mycket som importeras, exporteras och produceras i Sverige.

MFA: Materialflödesanalys. Engelska: **Material Flow Analysis**. Materialflödesanalys är ett samlat begrepp för en analys som undersöker olika typer av strömmar av material.

Plockanalys: Systematiskt angreppssätt där avfall sorteras manuellt för att undersöka i vilka mängder avfall slängs i.

R&D: Forskning och utveckling, på engelska Research and Development.

SCB: SCB står för Statistiska Centralbyrån. Statistiska centralbyrån är en svensk statlig förvaltningsmyndighet, som sorterar under Finansdepartementet och ansvarar för officiell statistik och för annan statlig statistik.

Små elmotorer: I denna studie har små elmotorer definierats som de motorer som finns i de elektriska hushållsapparater och vardagsprodukter som privatpersoner lämnar till återvinningscentraler.

sWEEE: Litet elektronikavfall, på engelska: **Small Waste Electrical and Electronic Equipment**. Används för att särskilja mindre elektronikavfall från större elektronikavfall. Brukar främst innefatta hushållselektronik men även mobiltelefoner och mindre IT-apparatur och innefattar inte exempelvis vitvaror som kylskåp, diskmaskiner och torktumlare.

WEEE: Elektronikavfall, på engelska: **Waste Electrical and Electronic Equipment**. Vanlig benämning för att särskilja elektronikavfall med hushållsavfall eller grovavfall i litteratur.

WEEE-direktivet: EU-direktiv där alla producenter som för in elektronik till Sverige måste ta ansvar för elektronikavfallet som tillkommer.

ÅVC - Förkortning för återvinningscentral. En återvinningscentral är en samlingsplats för kasserade produkter från konsumenter.

Återvinningsanläggning - Samlingsnamn i rapporten för de anläggningar som avfall transporteras till. Här sker vanligtvis återvinningsarbete.

Återanvändning - Återanvändning är ett begrepp som inom litteraturen definieras olika och kan betyda att allt från en hel produkt används igen till att en komponent görs som till en annan

applikation. I denna rapport kommer återanvändning definieras som processen där en komponent demonteras och ersätter en nyproducerad komponent i produktionen.

Återtillverkning: Med återtillverkning menas att en produkt repareras, eller byter ut komponenter för att användas i ytterligare en livscykel.

1 Inledning

Jorden står inför stora utmaningar i en mängd olika miljö- och klimatfrågor och konsumtion är en direkt bidragande orsak till detta [Matuščík & Kočí, 2019]. Konsumtionen av elektroniska produkter ökar ständigt och strömmarna av elektroniskt avfall är större än någonsin. Globalt slängdes det ungefär 45 miljoner ton 2016 och den siffran förväntas fortsätta växa i och med sänkta priser och en ökad tillgänglighet [Baldé et al., 2017]. Majoriteten av allt elektroniskt avfall världen över hamnar på deponi och även om det återvinns är det svårt att ta tillvara på allt material [Gaidajis et al., 2010]. Den ökade konsumtionen leder bland annat till en ökad gruvindustri som i sin tur är relaterad till en mängd olika miljöproblem. Metallbrytning leder till bland annat höga koldioxidutsläpp och stor vatten- och markanvändning [Tost et al., 2018]. Ett sätt att minska konsumtionens påverkan är att återanvända produkter och material för att göra produktionen mer hållbar.

Återanvändning kan definieras som processen där en produkt eller komponent återförs till produktionen i befintligt skick utan någon modifiering [Parker et al., 2015]. Med hjälp av återanvändning minskar trycket på utvinning av metaller från gruvindustrin, vilket ger miljömässiga och ekonomiska fördelar. Vid jämförelser mellan nyproduktion, återvinning eller återanvändning visar det sig att återanvändning nästan alltid är bättre för miljön [Sundin & Lee, 2012]. Det finns även ekonomiska och sociala fördelar med återanvändning då det skapar arbetstillfällen och en mer decentraliserad marknad [Zacho et al., 2018]. Ett flöde av produkter som har stor återanvändningspotential är WEEE, Waste Electrical and Electronic Equipment, eftersom de oftast består av värdefulla metaller i form av guld, silver, aluminium och koppar [Neto et al., 2017]. Strömmen av elektronikavfall är den snabbaste växande avfallsgruppen i världen och det slängs mellan 400 till 500 miljoner kylskåp, TV-apparater och tvättmaskiner varje år enbart i Kina [Huang et al., 2010]. En avfallsström som även förutspås ökas med 3-5% varje år. 2019 genomfördes en omfattande studie över 61 återvinningscentraler i Bayern, Tyskland där det uppskattades att 87 % av all elektronik som har kasserats teoretiskt kan återanvändas [Messmann et al., 2018]. I samma studie uppskattas det att 13 - 16 % kan återanvändas direkt och uppemot 29% om förbättrande åtgärder runt avfallshanteringen genomförs. I nuläget återanvänds 0,5% i Bayern vilket tyder på att det finns en stor potential för att öka återanvändningen av avfallsprodukter [Messmann et al., 2018].

För att få bukt med problemen det elektroniska avfallet leder till införde EU 2003 WEEE-direktiven [EU, 2019b]. Dessa direktiv innehåller lagförslag kring vad producenter av elektronisk produkter har för ansvar när produkten är uttjänad. Direktivens avsikt är att minska mängden elektroniska produkter som hamnar på deponi och en del är att öka återanvändningen. EU har även direktiv gällande avfall som infördes i svensk lagstiftning 2011 [Naturvårdsverket, 2019]. Direktivens utgångspunkt är avfallshierarkin som innebär att avfall i första hand ska förebyggas, sedan återanvändas, återvinnas, energiåtervinnas och till sist deponeras. Det innebär att en avfallsprodukt ska återanvändas om möjlighet finns.

En komponent inom WEEE-produkter som har potential att återanvändas är små elmotorer. Små elmotorer används för en rad olika tillämpningar i produkter som bilar, dammsugare, skruvdragare, tvättmaskiner och olika elektroniska apparater. I en bil finns exempelvis den typen av motorer för att styra fönsterhissar, bagageluckor, säten och så vidare. Dessa elmotorer har ofta en längre livscykel än de produkter de sitter i vilket tyder på möjligheter för återanvändning [Klausner et al., 1998]. Det finns en rad olika sorter och storlekar av motorer som sitter i olika typer av produkter som faller inom kategorin små elmotorer. Gemensamt för dem är att de idag antingen deponeras eller materialåtervinns trots att de ofta är i funktionsdugligt skick [Klausner et al., 1998]. Det vanligaste är

att motorerna fragmenteras och delas i små bitar så materialet kan sorteras [Rassölkin et al., 2018]. Det finns problem med denna metod trots att det mesta av materialet tas tillvara på. Rassölkin et al. (2018) nämner risken att material blandas vid en fragmentering, vilket leder till att kvaliteten sjunker. Att återanvända små elmotorer kan alltså ha en positiv miljönytta, ekonomiska fördelar och leda till högre kvalitet på återvunna material.

Elmotorer är dock exkluderade från WEEE-direktivet [Rassölkin et al., 2018]. De incitament direktiven bidrar till för företag att ta hand om elavfall saknas för elmotorer. Det saknas också kunskap om i vilka olika produkter och tillämpningar som de förekommer i, hur man identifierar var i dessa produkter motorerna är placerade och hur man på ett kostnadseffektivt sätt demonterar och säkerställer deras funktion för användning i en ny produkt. Det behövs dessutom kunskap om hur marknaden för återanvändning ser ut. Dessa orsaker leder till ett behov att studera detta område. Om återanvändning av små elmotorer ska bli aktuellt krävs det att dessa områden utforskas.

1.1 Syfte och forskningsfrågor

Syftet med examensarbetet är att undersöka potential, drivkrafter och hinder för återanvändning av elmotorer i uttjänta produkter i Sverige. Detta behöver göras för att identifiera utmaningar för återanvändning av elmotorer och på så sätt vägleda den fortsatta kunskapsutvecklingen inom området och identifiera behov av förändringar i rådande marknadsvillkor. Denna rapport ska också kunna användas som inspiration för kommande arbeten om återanvändning, som underlag för vidare arbeteten med flödeskartläggningar och underlätta för aktörer att identifiera vilka aspekter aktörer behöver arbeta med för att förverkliga återanvändning av elmotorer.

För att återanvändningspotentialen ska kunna bedömas och syftet ska uppfyllas behöver följande forskningsfrågorna besvaras:

- **F1 - Vilka olika typer av aspekter påverkar vilken återanvändningspotential små elmotorer har?**

Denna fråga behöver besvaras för att kunskap kring de kriterier som ger en produkt hög potential för att dess elmotor ska kunna återanvändas ska finnas. Svaret på denna fråga kommer kunna hjälpa företag att identifiera vilken potential olika produktflöden har för att motorerna ska kunna återanvändas. För att besvara denna fråga samlades information genom intervjuer med aktörer inom små elmotorer.

- **F2 - Vilka möjligheter och vilka barriärer finns för återanvändning av små elmotorer?**

Denna fråga behöver besvaras för att samla kunskap kring vad de olika aktörerna inom små elmotorer och återanvändning ser som möjligheter och barriärer för att återanvändning ska kunna genomföras. Det kommer leda till en kunskap om vad de olika aktörerna behöver förbättra och vad de kan utnyttja för att lyckas med framtida arbete. Att ta reda på olika aktörers förutsättningar kommer ge ett underlag till industrin och vara viktigt för att olika aktörer ska kunna veta hur framtida arbete ska gå till. För att besvara denna fråga kommer litteraturstudier kring återanvändning kombineras med intervjuer av aktörer inom små elmotorer. Detta resulterade i en sammanställning över de möjligheter och barriärer som finns inom återanvändning och vilka förutsättningar de olika aktörerna har.

- **F3 - I vilka produkter och i vilken kvantitet slängs elmotorer i Sverige?**

Denna fråga behöver besvaras för att kunskaper om storleken på elmotorsflödet i Sverige ska finnas. I nuläget finns ingen samlad statistik över hur elmotorer rör sig i avfallsprodukter. Denna kunskap

är viktig för att olika aktörer ska kunna fortsätta arbetet med återanvändning. Detta kompletterar de två tidigare forskningsfrågorna och behandlar rent praktiskt i vilka flöden aktörerna kan undersöka återanvändning av små elmotorer. För att besvara denna fråga undersöktes tillgänglig statistik över import, export, produktion och avfallsflöden. Detta resulterade i en kartläggning av svenska flöden av produkter med elmotorer som går till avfall.

Enbart de motorer som benämns som små elmotorer valdes att undersökas. I denna rapport definieras det som de elmotorer som sitter i produkter som slängs på återvinningscentraler. Fordonsmotorer och större industriella motorer ingick alltså inte i studien. Det ser väldigt olika ut bil för bil och för att dessa skulle inkluderas skulle det vara tidskrävande undersökningar bara för att identifiera dem. Dessutom kommer inte bilar och bildelar in till den återvinningsanläggning som studien utfördes i samarbete med. Det bedömdes därför vara mer effektivt att använda sig av den kunskap som fanns tillgänglig på plats även om motorerna i bilar är intressanta ur ett återanvändningsperspektiv. Det finns även motorer som ansågs vara för små för att inkluderas. Dessa skulle till exempel skulle kunna vara en motor som sköter zoomen i en kamera eller liknande. Det ansågs att dessa motorer var för små, för svåra att demontera och inte tillräckligt värdefulla för att inkluderas.

Då syftet handlar om att besvara ett brett ämne utformades de tre forskningsfrågorna för att behandla de viktigaste aspekterna som påverkar återanvändning av elmotorer. **F1** ger en ökad kunskap om hur återanvändningspotentialen kan bedömas i olika produkter, **F2** summerar vad de olika aktörerna på marknaden ser som möjligheter och barriärer och **F3** besvarar hur stort flödet av motorer är. Kunskapen dessa tre frågor bidrar med kommer identifiera centrala utmaningar för återanvändning av elmotorer och på så sätt vägleda den fortsatta kunskapsutvecklingen inom området. Behovet av förändringar i rådande policy och marknadsvillkor kommer också att identifieras och på så vis uppfylla examensarbetets syfte.

1.2 Disposition

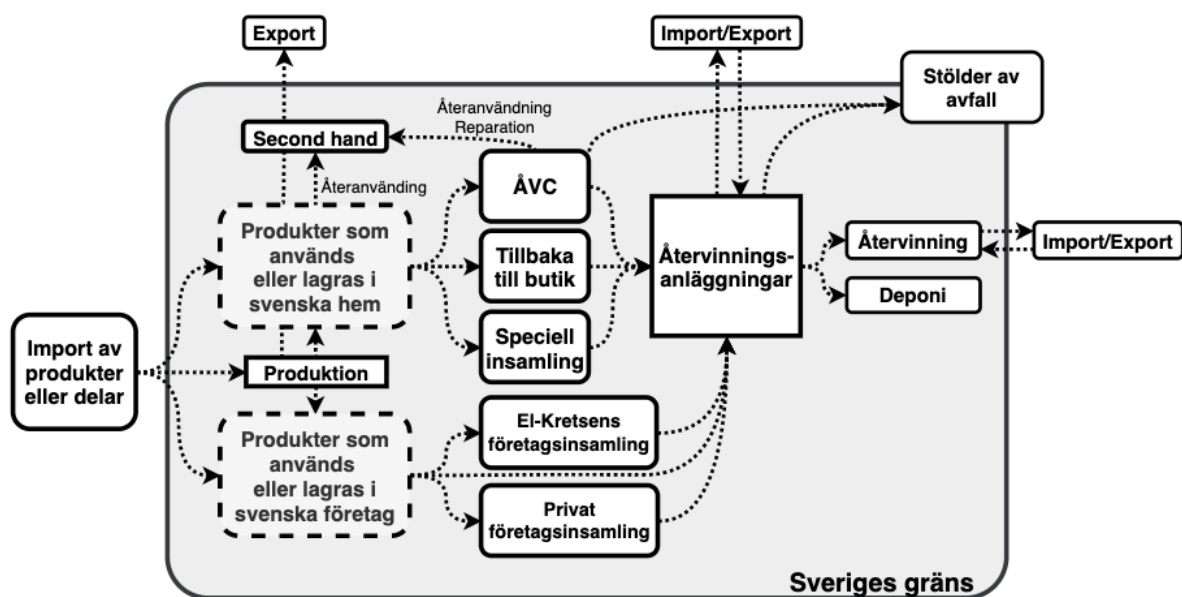
Rapporten börjar med att områdets bakgrund och nödvändig teori beskrivs i kapitel 2 Bakgrund och 3 Återanvändning. För att förståelse för behovet av rapporten ska finnas krävs det att teoretiska kunskaper om ämnet presenteras. Dessa utgår från litteratur om återanvändning, elmotorer, cirkulär ekonomi med mera. I kapitel 4 Metod beskrivs utförandet i detalj. Här motiveras metoden som använts och osäkerheter och förenklingar som behövde göras förklaras. Resultatet av arbetet presenteras sedan i Kapitel 5 Resultat. Det är uppdelat i fyra delar, potentialbedömning, marknadsanalys flödeskartläggning, produktkartläggning. Resultatet och metoden diskuteras sedan i kapitel 6 Diskussionen är uppdelad i fem delar, resultat, marknadsanalys, potential för återanvändning, metod samt en avslutande reflektion. Syftet besvaras och svaren på forskningsfrågorna presenteras sedan i kapitel 7 Slutsats. Examensarbete avslutas sedan med att lista framtida studier som identifierats nödvändiga att genomföra.

2 Bakgrund

I detta kapitel beskrivs den kunskap som behövs för att bakgrundsförståelse för ämnet, syftet och metoden ska fås. Det svenska avfallssystemet beskrivs och en överblick över elmotorer och de krav som finns på dem ges.

2.1 Avfall och avfallsströmmar

Hur avfallet rör sig från privatpersoner till återvinningscentraler eller soptippar ser olika ut från land till land. Figur 1 beskriver övergripande elmotorers flöde från import till återvinning i Sverige. Elmotorer importeras i form av produkter eller som komponenter till produkter. Produkter monteras och säljs till konsumenter som förbrukar dess produktliv i svenska hem eller på företag. Vissa produkter exporteras till andra länder och lämnar därmed Sverige och denna studies systemgräns. Produkter som används slängs sedan på återvinningscentraler, lämnas tillbaka till företag eller på speciella insamlingar [Ylä-Mella et al., 2014]. Därifrån transporteras de till återvinningsanläggningar för materialåtervinning, energiåtervinning eller till deponering. Visst avfall exporteras till andra länder för att hanteras där. Elektroniskt avfall importeras även från andra nationer för att återvinnas i Sverige [Hemström et al., 2012]. Det sker vissa stölder på återvinningscentraler, vilket gör att en del av avfallsflödet försvinner från det steget [Hemström et al., 2012].



Figur 1: Illustration över hur avfall och avfallsströmmar rör sig i Sverige. Bilden baseras på Hemström et al. (2012) och Ylä-Mella et al. (2014)

Det finns olika kategoriseringar och sätt att beskriva avfallsflöden som används av olika organisationer. Till exempel brukar Naturvårdsverket dela in avfall som återvinning, energiåtervinning eller bortskaffande avfall [SMED, 2016]. I denna studie behandlas det elektronisk avfall som det inom EU kallas WEEE, Waste Electrical and Electronic Equipment. Det är de elektroniska produkter som kan tänkas användas av privatpersoner, som till exempel kylskåp, dammsugare och tv-apparater. Det finns även olika typer av uppdelningar som används inom WEEE. Enligt nya EU-direktiv ska allt elektroniskt avfall tillhöra sju olika kategorier [EU, 2019c]. Innan de

direktiven gick igenom användes elva kategorier vilket fortfarande används av El-kretsen. De samlar statistik hur mycket elektroniskt avfall som varje år kommer till återvinningscentraler inom dessa kategorier. Det är dessa kategorier som har använts i studien och presenteras nedan i Tabell 1.

Tabell 1: De 11 kategorier som elektroniskt avfall delas upp i studien

Avfallskategorier
Stora hushållsapparater
Små hushållsapparater
IT-, telekommunikations- och kontorsutrustning
Hemutrustning (TV-, audio- och videoutrustning)
Belysningsutrustning
Elektriska och elektroniska verktyg
Leksaker samt fritids- och sportutrustning
Medicinsk utrustning
Övervaknings- och kontrollutrustning
Batterier
Övrigt (ej producent-ansvarsmaterial)

2.1.1 KN-koder

Statistiska centralbyrån SCB samlar statistik över import, export och produktion där varje produkt tillhör en så kallad KN-kod. Företag är skyldiga att rapportera dessa siffror och *import + produktion – export* motsvarar konsumtionen i Sverige. Det finns runt 16000 så kallade KN-koder där siffran varje produkt tilldelas bestämmer vilken tullsats den har. Ny data över detta kommer årligen och vid studiens genomförande den senaste uppdaterade statistiken från 2018. På grund av sekretessbestämmelser behöver inte all inhemsk produktion rapporteras. Det leder till att vissa produkter har variationer i sina siffror från år till år. Det kan också innebära att vissa produkter saknar produktionstatistik helt. Ett utdrag ur dokumentet all statistik samlas i presenteras nedan i Tabell 2.

Tabell 2: Ett utdrag från listan över KN-koder som sammanställer import och export av olika produkter från svenska företag 2018. Datan är hämtad från SCB och finns tillgänglig på deras hemsida. Just dessa produkter är ungefär på plats 14 000 i listan och innefattar bland annat dammsugare. Som det syns är många produktkoder svåra att förstå med komplexa förklaringar.

KN-Kod	Beskrivning av produkten	Import	Export
85081091	Elektropneumatiska handbormaskiner (exkl. som kan arbeta utan yttre kraftkälla)	0	0
85081099	Handbormaskiner av alla slag, med inbyggd elektrisk motor (exkl. som kan arbeta utan yttre kraftkälla samt elektropneumatiska bormaskiner)	0	0
85081900	Dammsugare med inbyggd elektrisk motor, inbegripet torr- och våtdammsugare, med en effekt av $\leq 1\,500$ W och en kapacitet hos dammpåse eller annan behållare av ≤ 20 l	9699	3407
85082010	Dammsugare med inbyggd elektrisk motor, inbegripet torr- och våtdammsugare (exkl. med en effekt av $\leq 1\,500$ W och en kapacitet hos dammpåse eller annan behållare av ≤ 20 l)	1391	600

2.1.2 Uttjänta produkter

I Sverige finns förordningar och lagar för producentansvar. Det innebär att producenterna som distribuerar en produkt till marknaden ansvarar för att dessa produkter ska tas hand om när de är uttjänta [Avfall Sverige, 2018]. Producenter löser oftast detta genom att använda sig av andra företag som ansvarar för hanteringen. Dessa materialbolag, som de kallas, ser till att det finns insamlingssystem och återvinningsmetoder för alla produkter. Oftast sköts detta genom insamlingar på återvinningscentraler. I Sverige finns 582 återvinningscentraler som varje år får ungefär 28 miljoner besök [Avfall Sverige, 2018]. I Sverige är det El-Kretsen som ansvarar för och äger det mesta av det elektroniska avfallet [El-kretsen, 2018]. Det är de som ser till att det går att lämna in sina produkter på återvinningscentraler och att dessa produkter sedan hanteras på ett bra sätt. Detta kan göras genom att till exempel sälja avfallet till återvinningsföretag som i sin tur återvinner det. Det avfall som ingår i studien är det avfall som privatpersoner lämnar till återvinningscentraler. Avfall Sverige (2018) skriver att det finns en trend mängden avfall ökar. Ungefär 3% av allt avfall som kommer till ÄVC är elektroniskt avfall. Det elektroniska avfallet fraktas sedan av El-kretsen till återvinningsanläggningar runt om i Sverige.

2.1.3 Konsumtionsbeteenden

Människors konsumtionsbeteende påverkar i vilka mängder produkter rör sig från produktion till avfall. För att förutspå framtidens flöden bör människors konsumtionsbeteende beaktas. Generellt har människor börjat att värdera hållbarhet som en viktig egenskap i en produkt, där en längre livslängd och en miljövänlig användning och produktion har blivit allt mer viktig för konsumenterna [Lofthouse & Prendeville, 2018].

Längre livslängd av produkter ger upphov till ekonomiska, sociala och miljömässiga fördelar [EU, 2015]. De ekonomiska och sociala fördelarna förekommer främst i form av skapade arbetstillfällen för reparationer och hantering av ytterligare en avfallsström. De miljömässiga fördelarna grundar sig i form av högre materialutnyttjande [EU, 2015].

2.2 Elmotorer

Elmotorer finns runt om oss i många applikationer som kräver el. Allt ifrån produkter som köksfläktar, skruvdragare, tvättmaskiner, garagedörrar eller dammsugare använder elmotorer. I en vanlig bil kan det finnas upp emot 100 stycken [Goodenough et al., 2017]. Generellt har en elmotor en längre livscykel än de produkter de sitter i [Klausner et al., 1998] vilket betyder att del av elmotorns livslängd blir outnyttjad. Tidigare och nutida forskning har huvudsakligen undersökt möjligheterna att energieffektivisera och resurseffektivisera tillverkning och användningen av elmotorer [Majr et al., 2018]. Majoriteten av en elmotors miljöpåverkan kommer från användningsfasen, vilket är en anledning till varför det har forskats så mycket inom just effektivitetsområdet [Saidur, 2010]. Magneterna som används i elmotorn för att skapa magnetfält, som i sin tur genererar vridmoment, består av sällsynta jordartsmetaller [Majr et al., 2018]. Det finns en outnyttjad potential i att återvinna elmotorerna enskilt och särskilja magneterna med jordartsmetaller från resten av komponenterna i elmotorerna. Den totala efterfrågan av sällsynta metaller i motorer förmodas dessutom öka i och med att produktionen av motorer ökar [Goodenough et al., 2017].

I januari 2017 skärptes kraven så att alla elmotorer med en effekt från 0,75 till 375 kW måste vara tillräckligt effektiva för att märkas med IE3 för att få säljas inom EU [Europeiska kommissionen, 2014]. Elmotorer delas upp från IE1 till IE4 beroende på hur hög verkningsgrad de har. IE1 benämns som standard, IE2 som hög standard, IE3 som premium standard och IE4 super premium standard [Europeiska kommissionen, 2014]. Kraven beskrivs även att kunna uppdateras och omfatta fler motorer i framtiden [Europeiska kommissionen, 2014].

Elmotorer går att dela upp i främst två kategorier: likströms (DC) och växelströms (AC) [Kim, 2017, Kirley Jr et al., 1998]. Dessa två huvudkategorier går att dela vidare in i flera delkategorier. En viktig elmotorstyp är den borstlösa elmotorn. Det är en likströmsmotor som saknar en borste i dess design [Kim, 2017] och beskrivs ytterligare nedan.

2.2.1 Likströmsmotorer

Likströmsmotorn, eller DC-motorn, är den första typen av elektrisk motor och uppfanns av Michael Faraday och Joseph Henry 1831. På grund av sin enkla uppbyggnad är det också den vanligaste sorten [Kim, 2017]. Likströmsmotorer består av rotor, stator, ledare, rotorblad, statorblad och en magnetiserad järnkärna i statorn och rotn [Kirley Jr et al., 1998]. Kirley Jr et al. (1998) beskriver att det skapas ett magnetiskt fält som repellerar ledaren mellan statorn och rotn när ström flödar genom ledaren vilket gör att ledaren börjar att rotera runt rotn. Rörelseenergin används sedan för att driva produkten som elmotorn används i. Rörelseenergin påverkas av hur mycket el går genom ledaren, vilket gör att likströmsmotorn inte är lika flexibel som växelströmsmotorn. Vanliga användningsområden för likströmsmotorn är ventilation, fläktar och nedkylning [Kim, 2017].

Inom kategorin DC-motorer finns de borstlösa elmotorerna, där den stora skillnad i designen är att elmotorn inte har någon borste som komponent. Borstlösa elmotorer har en längre livslängd, tystare motor och högre effektivitet än vanliga likströmsmotorer. Den långa livslängden beror främst på att borsten generellt är det som går sönder i en vanlig elmotor [Kim, 2017]. Den mer avancerade tekniken gör att den kostar mer och kan vara upp till fem gånger dyrare än en borstad motor (J Leffler, personlig kommunikation, 2020-03-25). Generellt används inte borstlösa elmotorer i vanliga kommersiella hushållsapplikationer på grund av att elmotorn inte är den begränsande komponenten (F Sjöberg, personlig kommunikation, 2020-04-22). Borstlösa elmotorn används istället i produkter som kräver en hög prestanda, precision och ett jämnt moment. Det kan exempelvis vara inom automation eller

medicinteknik [Kirley Jr et al., 1998]. Det finns en stor återanvändningspotential i borstlösa elmotorer då livslängden är längre och priset är dyrare (Ryobi, personlig kommunikation, 2020-04-08).

2.2.2 Växelströmsmotorer

Växelströmsmotorn, eller AC-motorn, delas upp i främst två huvudkategorier: induktionsmotor, även kallat asynkronmotor, eller synkronmotor [Kim, 2017, Kirley Jr et al., 1998]. Kirley Jr et al. (1998) beskriver att de olika typerna har samma typ av uppbyggnad för statorn och det som särskiljer dem är skillnaden på hur de genererar magnetfältet till rotorn. I induktionsmotorer genereras magnetfältet genom direkt växelström, men i synkronmotorn genereras magnetfältet genom att magnetfältet exciteras av likström, där rotorns frekvens synkroniseras med växeleffektens frekvens för att skapa magnetfältet [Kirley Jr et al., 1998]. Kortfattat går det att beskriva det som att synkronmotorns rotor synkroniserar med samma frekvens som tillsätts från elkällan medan asynkronmotorn inte gör det [Kim, 2017]. Induktion är den vanligaste av de två vilket beror på den enkla designen, att de är tåliga samt billiga att producera [Kim, 2017]. Synkronmotorer används generellt för mer effektkrävande processer och har en bättre effektivitet, kraftdensitet och dynamisk respons [Kim, 2017].

2.2.3 Material i elmotorer

Vilket material som elmotorn består varierar från produkt till produkt. Oftast består elmotorer av järn, aluminium, koppar och isoleringsmaterial i form av glimmer, glasfiber, färg eller plast [Rassölkin et al., 2018]. Statorn brukar bestå av samma typer av material men valet av material för rotorn varierar beroende på vad motorn är menad för [Rassölkin et al., 2018]. För att öka effektiviteten i motorn används sällsynta jordartsmetaller till magneten i rotorn och de tre vanligaste typerna av magneter som används är [Klausner et al., 1998]:

- **Alnico:** Legeringar med järn som består av aluminium, nickel, koppar och kobalt
- **Keramer:** Exempelvis magneter av bariumferrit eller strontiumferriter.
- **Sällsynta jordartsmetaller:** Exempelvis legeringar av samarium och kobalt eller legeringar av neodym, järn och bor.

I nuläget mals elmotorerna ned i återvinningsprocessen vilket gör att det finns en risk att metallerna i elmotorerna blandas. Det leder till att det återvunna materialet får sämre kvalitet blir svårare att sälja vidare. Exempelvis har högkvalitativt järn en kopparhalt på 0.02%. Vid malningen har järnet en kopparhalt på 0.25 till 0.3% [Klausner et al., 1998].

2.2.4 Direktiv, lagar och regleringar

Det finns flertal lagar och direktiv som är framtagna av olika typer av myndigheter och organ för att minska miljöpåverkan vid produktionen eller användningen av elektronik. Lagarna och direktiven är även framtagna för att gynna återanvändning och återvinning av produkterna [EU, 2020]. Dessa regler måste följas vid produktion och försäljning av elmotorer. Vid återanvändning måste det företaget som skulle sälja motorerna behöva se till att dessa regler följs. De regleringar, direktiv och lagar som gäller presenteras nedan [SvenskElektronik, 2019]:

- RoHS-direktivet
- WEEE-direktivet

- REACH-förordningen
- LSKE-lagen
- EuP/Ekodesign
- RED-direktivet
- Batteriregistret
- Maskindirektivet
- EMC-direktivet

Kemikalieinspektionen tar fram majoriteten av dessa regler och lagar, men lyfter även fram Leksaksdirektivet 2009/48 som har en påverkan på vissa elmotorer [Kemikalieinspektionen, 2015]. Förutom dessa direktiv och förordningar som sätter krav på material för produktion, och hur de hanteras, finns det även direktiv och förordningar för hur effektiva elmotorerna måste vara [Europeiska kommissionen, 2014]. Nedan följer en mer detaljerad beskrivning av de olika direktiven, förordningarna och lagarna som måste tas i hänsyn vid återanvändningen av elmotorer.

RoHS-direktivet

Elektrisk och elektronisk utrustning kan innehålla farliga ämnen som innebär risker för människans hälsa, natur och miljö. RoHS-direktivet togs fram av EU 2005 för att begränsa och ersätta farliga ämnen i elektronik. RoHS-direktivet ska förbättra möjligheten till lönsam och hållbar materialåtervinning från elektronikavfall [EU, 2020]. RoHS-direktivet begränsar användningen av följande ämnen:

- Kvicksilver (Hg)
- Kadmium (Cd)
- Bly (Pb)
- Krom (Cr)
- Flamskyddsmedlen PBB & PBDE
- Fyra typer av mjukgörningsmedel: DEHP, BBP, DBP & DIBP

Enligt direktivet får den maximala koncentrationen av ämnet i produkten inte överstiga 0.1% förutom för kadmium som har lägre gräns på 0.01%. Gränsvärdet beräknas på varje enskild komponent i produkten [EU, 2020]. Exempelvis för en elkabel får inte komponenter som skyddsplasten, isoleringen eller ledaren ha ett värde som överstiger gränsvärdet på 0.1% (eller 0.01% för kadmium). RoHS-direktivet har fasats in i olika steg, där olika typer av kategorier har successivt påverkats. Produkter som redan har varit på marknaden före datumen för respektive kategori får repereras med reservdelar som inte uppfyller RoHS-direktiven [Kemikalieinspektionen, 2015]. En uppdaterad version av RoHS-direktivet utvecklades 2013, med mer specifika gränsvärden och mer ämnen som blir påverkade av direktivet, men har inte implementerats i Sverige än [Kemikalieinspektionen, 2015].

Distributörer är skyldiga att försäkra att produkten uppfyller RoHS-direktivet, se till att produkterna har CE-märkning [EU, 2012], identifikationsmärkning samt namn och postadress av tillverkare/importörer [Kemikalieinspektionen, 2015]. Enligt direktivet anses distributörer vara tillverkare och ha samma skyldigheter som tillverkare om de distribuerar elektroniska produkter.

WEEE-direktivet

Syftet med WEEE-direktivet är att bidra till en hållbar produktion och konsumtion genom att hämma upplagringen av WEEE [Kemikalieinspektionen, 2015]. Genom återanvändning, materialåtervinning och andra former av återvinning ska det leda till att minska avfallsmängder och bidra till ett effektivt utnyttjande av naturresurser och tillvaratagande av värdefulla råvaror [EU, 2012]. Direktivet sätter krav på medlemsstaterna inom EU att elektronik som produceras eller importeras ska hanteras och avlägsnas korrekt [EU, 2012]. Direktivet sätter också krav på insamlingsnivåer för medlemsstaterna och deras elektronikavfall. Det kräver även att producenter i medlemsstaterna registrerar deras produkter. WEEE-direktivet introducerade även olika typer av kategorier för elektroniska produkter som används för flödeskartläggningen i denna studie.

Reach-förordningen

Reach-förordningen har tagits fram för att ersätta tidigare lagar om hanteringen av kemikalier och trädde i kraft 2007 [Kemikalieinspektionen, 2015]. Syftet med förordningen är att öka kunskapen om kemiska ämnens hälso- och miljöfarliga egenskaper och att kemikaliehantering sker korrekt [EU, 2019a]. Förordningen innehåller regler om registrering av kemikalier, förbud och restriktioner mot användning av ämnen, krav på tillstånd för användning av vissa ämnen samt hur och vilken information som måste förmedlas till kund. Förordningen påverkar producenter, importörer och försäljare av varor eller kemiska produkter. Kraven i förordningen innebär att du som försäljare av en vara måste lämna information till kunder om elektroniken innehåller särskilt farliga ämnen som går att finna i förordningens kemikalieförteckning.

LSKE - Skatt på kemikalier i viss elektronik

2016 började kemikalier i viss elektronik i Sverige beskattas, något som kontinuerligt har uppdaterats år för år [Kemikalieinspektionen, 2015]. I lagen har de tagit fram extra skatt för elektronikvaror, där de har fördelat olika KN-nummer i 13 olika kategorier. Olika kategorinivåer har olika skattenivåer [Riksdagen, 2016]. Exempelvis har varor i kategorier 1-4, 6 och 7 en skattepliktighet med 11 kronor per kilogram av den skattepliktiga varans nettovikt, där skatten inte överstiger 440kr/vara. Det finns skatteavdrag om varorna inte innehåller vissa farliga ämnen, exempelvis klor eller bromföreningar. De som främst påverkas av lagen är de som importerar, producerar eller exporterar elektronik [Riksdagen, 2016].

Ekodesigndirektivet

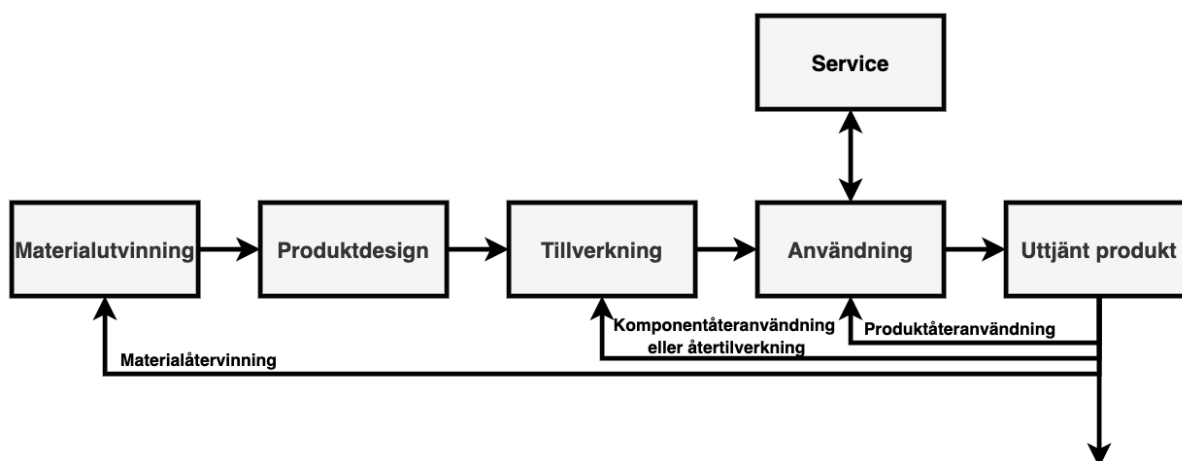
Ekodesigndirektivet är ett direktiv framtaget av EU som sedan Sverige har omvandlat till en svensk lag [Kemikalieinspektionen, 2015]. Syftet med direktivet är att främja en effektiv energianvändning och låg miljöpåverkan genom att miljöaspekter integreras i produktdesignen för att förbättra produktens miljöprestanda [Bundgaard, 2016]. Tidigare har produktens energianvändning i användarfasen varit den största anledningen till ekodesignkraven, men kraven har även börjat inkorporera krav på teknisk livslängd, reparerbarhet, återvinning, informationskrav med mera. Produkterna som omfattas av direktivet får endast säljas inom den europeiska marknaden om de innehåller CE-märkning. Genom CE-märkningen intygar producenten att produkten uppfyller de lagkrav inom säkerhet, hälsa och miljö. Producenten ansvarar även för att produkten producerats, konstruerats och kontrollerats enligt regelverket. Mer specifika bestämmelser om CE-märkning finns i EU-förordning 765/2008 [EU, 2008] och lagen (2011/791) [Sveriges Riksdag, 2011].

3 Återanvändning

I detta kapitel sammanställs litteratur kring återanvändning och vad som traditionellt har varit barriärer, möjligheter och framgångsfaktorer. Det som presenteras i detta kapitel behövs för att en förståelse för vilken kunskap som saknas för små elmotorer och vad som behöver göras för att återanvändning ska möjliggöras.

3.1 Återanvändning

Återanvändning, eller återtillverkning är ett resurseffektivt sätt att minska den mängd råmaterial och energi som krävs vid produktion och i och med den ökade efterfrågan på material har intresset för ämnet ökat [Sakao & Sundin, 2018]. Återtillverkning innebär att en produkt eller komponent förbereds för att användas igen, ofta genom vissa modifikationer eller reparationer [Ijomah & Danis, 2019]. En del av återtillverkning är återanvändning. Det har i detta examensarbete definierats som processen där en produkt eller komponent återförs till produktionen i befintligt skick utan någon modifiering. Återanvändning är en central aspekt i denna studie och för att få en förståelse över vad som krävs för att lyckas med att återanvända små elmotorer undersöks ämnet brett. I Figur 2 beskrivs en produktkedja från materialutvinningen till bortskaffandet och visar på var de olika typerna av återtillverkning används.



Figur 2: En produkts flöde från materialutvinning till att produkten bortskaffas. Bilden beskriver var olika typer av återvinning och återanvändning kommer tillbaka till produktflödet [Kurilova-Palisaitiene & Sundin, 2013]. I denna studie är det den typen av komponentåteranvändning som kommer tillbaka till tillverkningen som undersökts.

Ett exempel på återanvändning som ofta nämns inom litteraturen är FUJIs återanvändning av engångskameror i början av 90-talet. Kameran var pantsatt och konsumenter fick tillbaka pengar när de lämnades in. Kamerorna sorterades, demonterades, testades och monterades sedan ihop och kunde användas igen [Sundin, 2004]. Några andra vanliga produkter som i dagsläget återtillverkas är delar till bilar, mobiler och datorer [Sakao & Sundin, 2018] men vad som helst kan återanvändas så länge alla produktionskrav uppfylls. Mycket återanvänds utan att vi inte ens tänker på det. Till exempel kan en kyl eller en frys som står i en hyresrätt återanvändas mellan de som hyr lägenheten.

Alla produkter har dock inte förutsättningar för återanvändning. Matsumoto et. al (2016) har beskrivit

vad som vanligtvis kännetecknar de produkter som återanvänds. Dessa förutsättningar antas även kunna gynna återanvändning av elmotorer. Aspekterna som kännetecknar produkter som kan återtillverkas är:

- Stabil produktteknik. Om produkten är i ett utvecklingsstadium kan komponenterna den innehåller åldras och blir förlegade. En stabil produktteknik möjliggör att komponenterna kan användas igen.
- Stabil produktionsteknik. Det samma gäller med produktionen. Om produktionsprocessen är under utveckling kan det leda till att komponenter byts ut eller inte kan användas igen.
- En livscykel där viktiga delar håller längre än tiden produkten vanligtvis används. Detta leder till att de delar som ska återanvändas är i bra skick när produkten kasseras.
- Att produkten slängs på grund av att den trasig snarare än att den inte längre är användbar. Om en produkt slängs för att den inte längre är användningsbar finns en stor risk att delarna i den inte heller är det. Om den istället slängs för att den är trasig möjliggörs återanvändning genom att det kan finnas delar i den som fortfarande har bra kvalitet.
- Att värdet på den återanvända delen är högt nog. Det måste vara ekonomiskt försvarbart att demontera, testa, frakta och montera med mera de återanvända komponenterna.
- Att det finns detaljerade riktlinjer för hur dessa delar ska identifieras. Detta förenklar demonteringstiden och därmed även demonteringskostnaden.

Det finns många olika sätt att arbeta med återtillverkning. Sakao och Sundin (2018) beskriver de fem faktorer som varit viktigast för företag som lyckats med detta:

- **Att värdera produkter och komponenter.** För att återtillverkning ska vara aktuellt krävs det att kostnaderna för processerna är lägre än marknadsvärdet på den återtillverkade produkten.
- **Att ha en kundinriktad process.** Olika kunder har olika behov som behöver uppfyllas för att återtillverkningsprocessen ska bli effektiv. Det krävs alltså en kundinriktad process som uppfyller olika kunders krav på pris, etik, kvalitet och så vidare.
- **Att ha en effektiv insamling av delar.** Flödet av delar skiljer sig från produkt till produkt. Till exempel så lämnas engångskameror in för att kunden ska få tillgång till bilder, samtidigt som andra produkter behandlas som avfall. Gemensamt är att det behövs en effektiv insamling av delar för att återtillverkning ska vara möjligt.
- **Att ha en noggran informationsinsamling.** Det är viktigt att producenter hela tiden har tillgång till korrekt information kring processen. För att inga oväntade problem ska uppstå krävs det att man hela tiden är uppdaterad kring kvalitet på delarna som kommer in, hur marknaden ser ut och hur produktionen kan förbättras.
- **Att rätt kunskap finns hos anställda.** Det finns svårigheter att automatisera en återtillverkningsprocess då det hela tiden finns skillnader i de inkommande delarna. För att det ska gå så smidigt och kostnadseffektivt som möjligt är det viktigt att personalen har rätt kunskaper.

Dessa aspekter ses som en fingervisning i hur företag ska tänka kring återanvändningsarbete för små elmotorer. Den stora skillnaden är att fler aktörer är inblandade när det gäller elmotorer. Till exempel sköts insamlingen på återvinningscentraler.

Förutom de fördelar som tidigare nämnts finns det även ett antal hinder och barriärer för

återanvändning. Kissling et al. (2013) intervjuade aktörer och sammanställde vilka de största motstånden var. I denna studie bearbetas dessa barriärer för att finna vilka barriärer som är applicerbara för elmotorer. De barriärerna som Kissling et al. (2013) presenterar är:

1. Brist på lagar och subventioner som uppmuntrar återanvändning.
2. För låga kvantiteter av produkter.
3. Brister i hur vissa aktörer har hanterat återtillverkning har lett till ett motstånd till hela processen.
4. Konkurrens från olicenserade återvinningsföretag som med hjälp av dåliga arbetsvillkor och liknande får konkurranskraft.
5. Insamlingssystemet för avfall är inte designat för att hantera återanvändning.
6. Vissa producenter vill inte tillåta återanvändning då det kan komma att konkurrera med deras produkt.
7. Oförutsägbara ändringar i utbud och efterfråga.
8. Brist på hänsyn för återanvändning vid produktdesign.
9. Globala skillnader i standarder och definitioner kring återanvändning.
10. Priset på nya produkter minskar.
11. Logistikostnader.
12. Arbetskostnader.

Kissling et. al (2013) har analyserat dessa kriterier och hittat fyra olika grupperingar av barriärer, där de sedan har rangordnat från 1-4 beroende på vilket prioritering den har.

Första prioritet - Barriärer relaterade till kvantiteter av elektronikavfall

Av de 7 första tidigare beskriva barriärerna, är alla förutom barriär 3 och 4 relaterade till avsaknaden av tillräcklig med kvantitet av elektronikavfall. Undersökning av Kissling et.al (2013) visar tydligt att det finns en avsaknad av policy och styrmedel för att främja återanvändning framför återvinning. Aktörer inom återanvändning upplever att många produkter är designade att gynna återvinning vilket ses som ett hinder. Vidare, aktörer inom återanvändning måste oftast tävla om samma material som återvinning.

Andra prioritet - Barriärer relaterade till informell och illegal återanvändning

Illegal export av elektronikavfall ses som ett stort problem för att återanvändning ska få ett fotfäste över återvinning. Kissling et. al (2013) beskriver att det är ett stort problem att elektronikavfall exporteras till utvecklingsländer där informell återvinning ger upphov till miljöskador. Hanteringen av elektronikavfall har således fått en dålig image och återanvändning och återvinning bemöts med en negativ attityd, vilket har påverkat organisationer som arbetar med återvinning och återanvändning.

Tredje prioritet - Barriärer relaterade till regulationer, standarder och produktdesign

Den stora utmaningen med variationen och komplexiteten i regleringar av avfallet medför höga kostnader för administration [Kissling et al., 2013]. Speciellt för organisationer som arbetar med återvinning och återanvändning eftersom logistiken för elektronikavfallet generellt sträcker sig över flera länder. Organisationernas hantering av material sträcker sig över flera länder främst för att testning och reparation av avfallet sker på större anläggningar där avfallet samlas från olika flöden.

De administrativa kostnaderna blir således höga och det blir komplicerat för företag på grund av internationella lagar och bestämmelser.

Fjärde prioritet - Barriärer relaterande till kostnad

Alla barriärer relaterad till kostnad i form av logistik, lönekostnader eller marknadspriser, har en låg prioritering och täcks upp av punkt 11-13 i Kissling et al. (2013) studie.

Andra hinder kan vara att återanvända produkter generellt inte är lika energieffektiva som nyproducerade produkter och att återanvändning kan hämma innovation [Truttmann & Rechberger, 2006]. Den nuvarande infrastrukturen gynnar återvinning över återanvändning genom tekniska, institutionella och organisatoriska förutsättningar [Zacho et al., 2018]. Det hämmar utvecklingen av system som kan hantera återanvändning och avskräcker företag för att investera i återanvändningsteknik. Av dessa olika barriärer anses inte den andra prioriteten, barriärer relaterad till informell och illegall återanvändning, vara applicerbara för denna studie. Den fjärde prioriteten anses vara mer relevant eftersom resultatet från denna studie ska kunna användas som underlag för industrier att arbeta med återanvändning.

Även Lundmark et. al (2009) beskriver de största hindrena de identifierat med återtillverkning. De beskrev att de svåraste utmaningarna fanns inom insamlingen av produkter, återtillverkningsprocessen och distributionen.

Insamling av produkter

Ett problem inom insamling är att det är svårt att hitta balans mellan utbud och efterfråga [Lundmark et al., 2009]. Att lösa denna balans leder till kostnader för både lagerhållning och svårigheter i inventeringen. Både utbud och efterfrågan är osäker kring återanvända produkter. Osäkerheten kring efterfrågan kommer från att tekniken snabbt utvecklas och att det inte är möjligt att skapa en detaljerad utsikt över framtiden. Samtidigt finns det osäkerheter i utbudet då användningen av produkten har skiljt sig åt. På så vis skiljer sig kvaliteten på produkterna sig åt också. Även sättet människor väljer att slänga produkterna kommer skapa osäkerheter. Medans vissa människor tar produkter till återvinningscentraler när de fortfarande är i ett bra skick kan andra personer vänta flera år med att slänga trasiga produkter. Ofta kommer produkter från många källor, något som ökar komplexiteten och försvårar insamlingsarbetet.

Återtillverkningsprocessen

Osäkerheten i utbud leder till svårigheter även inom återtillverkningsprocessen. På grund av att det är så svårt att säkerställa utbudet kommer det bli svårt att planera produktionen. Produktionen försvåras även av att produkter kan komma in i olika kvalitet eller ha en design som gör demontering svår. Återtillverkningsprocessen har ofta dyra arbetskostnader på grund av en ej anpassad produktdesign, ett litet utbud, svårigheten att automatisera processen och att det krävs arbete som rengöring och inspektion.

Distributionen

Det är främst en osäker efterfrågan och komplexiteten kring alla flöden, intressenter, olika produkter och hur olika en produkt kan se ut under samma livscykel som skapar svårigheter i distributionen. Den osäkra efterfrågan kommer från att marknadens varierar på grund av avfallströmmar som är svåra att förutspå.

Det är osäkerheter och komplexiteten som skapar de största svårigheterna inom återtillverkning [Lundmark et al., 2009]. Det finns trots det många fall av lyckad återanvändning. För att det ska gå krävs det att tre barriärer övervinns, en effektiv uppsamling av produkter, en effektiv återtillverkningsprocess

och att det finns acceptans från kunder kring att använda dessa produkter [Matsumoto et al., 2016]. Enligt Matsumoto et. al (2016) finns det fyra områden med kunskapsluckor där framtida forskning behövs, produktdesign som underlättar återanvändning, utvecklandet av återtillverkningsprocessen, optimering av återtillverkningsprocessen och affärsmodeller som möjliggör återanvändning. Att identifiera affärsmodeller som möjliggör återanvändning är en stor del av detta examensarbetets mål. Kunskaper kring hur elmotorer ska återanvändas saknades och behövde därför utredas.

Det sker inget arbete med återanvändning av små elmotorer i nuläget. Det finns däremot företag som arbetar med omlindning och lagning av elmotorer. Omlindning innebär att slitna motorer får ny koppartråd och därmed återställs till nyskick (L Ekström, personlig kommunikation 2020-02-11). Detta gäller främst större motorer som inte omfattas i denna studie.

Informationsdelning

Som tidigare beskrivit är tillgängligheten av information en barriär för återanvändning. De senaste åren har kunskap och informationsdelning setts som en nödvändig förutsättning för en hållbar utveckling [Fraccascia & Yazan, 2018, Lombardi & Laybourn, 2012, Kosmol, 2019]. Hållbara affärsmodeller inom industriell symbios kräver att kunskap och information delas mellan olika parter, exempelvis företag till företag eller myndigheter till företag [Kosmol, 2019]. Tidigare har fokus inom industriell symbios varit utbytet av resurser i form av material och produkt men fokus har även riktats mot utbytet av information och kunskap på senare tid. Kosmol (2019) beskriver att behövs det att informationen och kunskap sprids mellan olika parter för att den cirkulära affärsmodellen ska fungera.

Kosmol (2019) beskriver att inom litteraturen för kunskap och informationsdelning finns det främst två stora hinder: motvillighet och oförmåga att dela informationen. Motvilligheten bygger främst på att olika parter har svårt att lita på varandra, konfidentiellbarhet och avsaknad av motivering [Kosmol, 2019]. Det finns också problem att skapa dessa plattformar där det är svårt att hitta en part som initierar samarbetet. Generellt är det forskningsinstitut som initierar samarbeten och blir huvudansvariga i projekten. Problemen är att de plattformar som skapas har oftast bestämda aktörer när de skapas och det är svårt att komma in som en ny aktör i dessa databaser [Lombardi & Laybourn, 2012].

Det finns främst fyra fördelar med att introducera onlineplattformar för att skapa samarbeten mellan olika organisationer och företag [Fraccascia & Yazan, 2018]:

- Plattformen gör det lättöverskådligt över vilka aktörer som kan generera värde av varandra
- Plattformen gör det lätt för aktörer att skapa samarbete och bli partners, och kostnaden för att hitta information gör att det blir ekonomiskt lönsamt. Sökandet efter potentiella partner minskar även det, vilket drar ner kostnaderna för sökandet.
- Plattformen gör det möjligt för aktörerna att välja bästa lämpliga partner för att maximera de ekonomiska fördelarna med samarbetet. Samarbetet blir även mindre volatilt, eftersom det blir ett starkare samarbete i och med nätverket.
- Plattformen gör det möjligt för företag som är långt ifrån varandra platsmässigt att finna varandra och påbörja partnerskap.

3.2 Demontering

För att en elmotor ska kunna användas igen krävs det först att den demonteras från produkten den sitter i. Demontering innebär att en produkt plockas isär och är nödvändig för återanvändningsprocessen ens ska vara möjlig. Det finns två aspekter där demonteringsprocessen kan göras bättre, genom en utvecklad produktdesign eller ett förbättrat demonteringsarbete [Go et al., 2012]. Besparingar kan göras om en produkt är designad för demontering och återtillverkning då det bland annat inte krävs lika mycket tid för att plocka isär delarna [Soh et al., 2014]. Det finns flera olika sätt att designa en produkt för att demonteringen ska bli effektiv. Soh et al. (2014) beskriver de fyra viktigaste aspekterna att arbeta med:

- Göra delarnas sammanfogning mindre komplex så det blir enkelt att plocka isär dem.
- Prioritera uppsamling av de komponenter som är möjliga att återtillverka.
- Skydda komponenter som är möjliga att återtillverka för att minimera slitage.
- Arbeta med design för demontering så tidigt som möjligt i designprocessen.

Själva demonteringen ser olika ut beroende på företagets förutsättningar, produkten som hanteras och så vidare. Det finns dock några faktorer som påverkar hur effektiv demonteringen är, där kunskap kring produkten, tiden det tar och hur mycket komponenten skadas ses som viktiga [Ijomah & Chiodo, 2010].

3.3 Flödesanalys

En förutsättning för återanvändning är att flödet av produkter och komponenter är känt. Det undersöks via flödesanalys som är ett systematiskt angreppssätt för att kvantifiera flöden inom ett system och är ett verktyg för att kunna identifiera förbättringsområden. Genom en flödesanalys erhålls insikter om hur systemet fungerar och eventuella beteendemönster. Flödesanalyser används för hantera och kvantifiera exempelvis naturresurser, utsläpp, energi, information eller material. Brunner & Rechberger (2004) beskriver att det finns fem mål med att använda flödesanalyser:

1. Klargöra och beskriva ett system av materiella flöden och lager genom väldefinierade termer.
2. Minska komplexiteten med system så väl som möjligt, men ändå bibehålla en så hög komplexitet att det går att använda analysen som beslutsunderlag.
3. Beskriva relevanta flöden och lager i kvantitativa termer och applicera balansprincipen (kartlägga flöden in och ut ur systemet) för att blotta osäkerheter och känsligheter inom systemet.
4. Presentera resultaten om flöden och lagret inom systemet på ett sätt som gör studien reproducerbar, transparent och lättbegriplig.
5. Tolka resultat för att finna potentiellt skadliga eller fördelaktiga flöden.

En flödesanalys är uppbyggd av fyra komponenter: process, lager, flöde och systemgränser. I processen beskrivs transformationen, transporten eller behandlingen av materialet. Lager beskriver hur mycket som behandlas i processen. Flödet beskriver hur mycket av materialet som behandlas under en bestämd tid. Systemgränsen beskriver inom vilka ramar flödet sker.

3.3.1 Flödesanalys för avfallshantering

Ett vanligt föremål för flödesanalys är avfall. Även om det inte har utförts någon flödeskartläggning för små elmotorer innan kan tidigare avfallsanalyser användas. Brunner & Rechberger (2004) beskriver att flödesanalyser av avfall används främst för fyra huvudmål:

- För att identifiera potentialen för återvinning eller återanvändning för olika typer av avfall, som biomassa, papper, metaller, plaster med mera.
- För design och underhåll av avfallssystem i form av återvinning, återanvändning, förbränning eller deponier.
- För att beräkna emissioner av avfallstyperna men även för anläggningar som hanterar avfallet.
- För att undersöka påverkan av lagstiftning, logistik och teknik på flödet av avfallet.

Eftersom innehållet och storleken på avfallsflödet förändras kontinuerligt är det viktigt att skapa och uppdatera flödesanalyser på avfall. Speciellt eftersom nya konsumentprodukter introduceras till marknaden med varierande innehåll [Brunner & Rechberger, 2004]. Ett exempel på detta är televisionskärmar, där storleken på skärmarna och metaller som används för att tillverka dem har varierat med tiden [Kalmykova et al., 2015].

Det finns olika sätt att genomföra flödesanalyser över avfall. Brunner & Ernst (1986) beskriver tre olika metoder för detta:

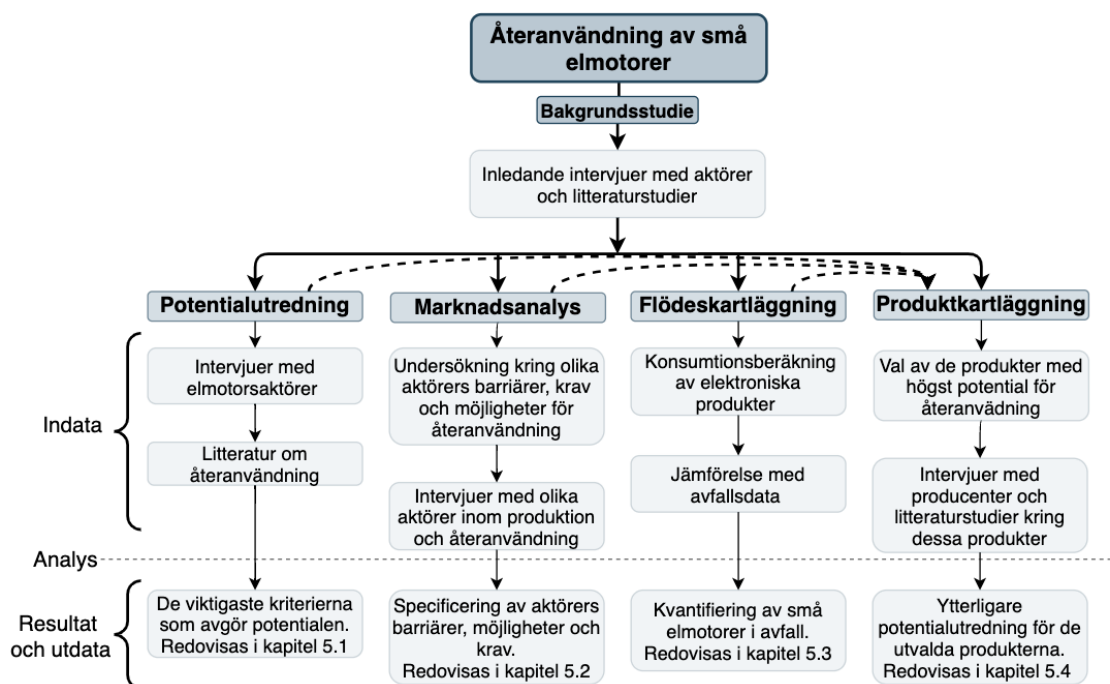
- **Direkt analys:** I denna metod undersöks avfallsinnehåll genom att bryta ner större komponenter i mindre substrat för att ta reda på exakt vad avfallet innehåller. Substratet som undersöks är oftast litet i avseende på hur mycket som samlas in i början av studien.
- **Indirekt analys:** I denna metod kartläggs ett flöde genom att samla information och statistik om produktion, användning och avfallshantering av en produkt. Data samlas in från företag, organisationer eller myndigheter för att uppskatta kvantiteter på flödet. För att undersöka flödet måste livslängden bestämmas genom uppskattningar eller beräkningar. I denna metod används import, export, produktion för varje produktkategori för att bestämma hela flödet. Indirekta analyser är mindre tidskrävande, mer kostnadseffektiv och mer noggrann än direkta analysen vid ett längre tidsperspektiv.
- **Indirekt analys genom att undersöka avfall:** I denna metod analyseras enbart avfallet för att bestämma kvantiteter av flödet. En fördel med denna metod är att flödet som analyseras oftast är mer homogen än de andra två metoderna vilket gör den mindre tidskrävande att kartlägga.

4 Metod

I detta kapitel motiveras och beskrivs metoden som använts för att genomföra studien. Metoden beskrivs övergripande i början för att sedan specificeras i detalj över vad som gjorts och varför i de olika momenten av studien. Dessa är bakgrundsstudie, potentialutredning, marknadsanalys, flödeskartläggning, produktkartläggning, ekonomiska beräkningar samt analysmetod

4.1 Forskningsplan

Det saknas tidigare studier med likadan problemformulering och arbetsmetod som detta examensarbete. Det finns däremot liknande projekt där avfallsflöden har kartlagts och utredningar kring återanvändning har gjorts. Dessutom är avfall, återanvändning och andra relevanta områden väl utforskade. Det gjorde att metoden kunde byggas upp inspirerad av arbeten som Hemström et al. (2012), Kalmykova et al. (2015) och utifrån att de kunskapsluckorna som beskrivs i kapitel 3 Återanvändning skulle kunna fyllas. För att uppfylla syftet och göra en utredning av återanvändningspotentialen för små elmotorer krävdes inhämtning av kunskap som inför arbetet inte fanns. Det handlade om den kunskap som aktörer inom detta område besitter. En grundförutsättning för att återanvändning ska vara möjligt är att det finns tillgänglig information om olika aktörers krav, hinder och möjligheter. Denna kunskap samlades genom en marknadsundersökning baserad på intervjuer. En annan grundförutsättning för återanvändning är att information om flödet finns. Bland annat Lundmark et al. (2009), Sakao & Sundin (2018) och Kissling et al. (2013) nämner vikten av kvantitet som en viktig parameter för återanvändning. För att kunna veta i vilken omfattning återanvändning kunde göras behövdes därför flödet bestämmas. Metoden i helhet presenteras nedan i Figur 3.



Figur 3: Övergripande bild på hur tillvägagångssättet konstruerades för att besvara syftet och de ställda forskningsfrågorna. De streckade pilarna indikerar att resultat använts till ett annat steg. Bakgrundsstudien användes till alla steg och låg som grund för hela arbetet.

Arbetet började med en bakgrundsstudie kring avfall, elmotorer och återanvändning. Resultatet av den presenteras i kapitel 2 Bakgrund och kapitel 3 Återanvändning och användes som grund till alla övriga steg som genomfördes. Bakgrundsstudien var nödvändig för att skapa en metod där syftet skulle uppfyllas på bästa möjliga sätt. Potentialutredningen, marknadsanalysen och flödeskartläggningen genomfördes sedan parallellt. Informationen där möjliggjorde sedan produktkartläggningen som utforskade fem produkters återanvändningspotential ytterligare. I Tabell 3 nedan presenteras frågeställningarna och vilken metod som användes för att besvara dem.

Tabell 3: Överblick över valda tillvägagångssätt för att besvara frågeställningarna.

	Forskningsfråga	Tillvägagångssätt
F1	Vilka olika typer av aspekter påverkar vilken återanvändningspotential elmotorer har?	Semi-strukturerade intervjuer & litteraturstudier
F2	Vilka möjligheter och vilka hinder finns för återanvändning av små elmotorer?	Semi-strukturerade intervjuer
F3	I vilka produkter och i vilken kvantitet slängs elmotorer i Sverige?	Flödeskartläggning

Potentialutredning

För att svara på **F1** och få kunskap om vad som påverkar återanvändningspotentialen gjordes en potentialutredning. I litteraturen finns det samlat vad som brukar känneteckna vilka framgångsfaktorerna för återanvändning är, bland annat Matsumoto et al. (2016). För att ta reda på vad som gäller för återanvändningen av små elmotorer kombinerades det med intervjuer. Svaren från aktörerna kombinerades med litteraturen för att ta fram aspekter som anses ha stor påverkan på potentialen för återanvändning.

Marknadsanalys

En bredare marknadsanalys genomfördes sedan för att besvara **F2** och för att ta reda på vad marknaden ser som barriärer och möjligheter. Det gjordes genom att ett så brett spann som möjligt av inblandade aktörer intervjuades. Frågorna byggdes upp runt litteraturen om återanvändning och ställdes för att fylla de största kunskapsluckorna som finns. Svaren konkretiserades sedan ned till de största barriärerna och möjligheterna de olika aktörerna upplever. Det gav information till aktörer om vad som kan utnyttjas och vad som måste förbättras för att återanvändning ska vara möjligt.

Flödeskartläggning

För att sedan besvara **F3** och för att kvantifiera mängden elmotorer gjordes en flödeskartläggning. Med hjälp av statistik kring företags import, export och produktion kunde konsumtionen av elektroniska produkter kartläggas. Med ytterligare statistik kring hur mycket elektroniska produkter som kommer till återvinningscentraler kunde flödet av små elmotorer bestämmas. Detta sammanställdes och kompletterades med hur stor upplagringen i svenska hem är. Det ger aktörer kunskap om hur stora de svenska flödena är och ses som ett viktigt bidrag till framtida återanvändningsarbete.

Produktkartläggning När kriterierna för återanvändningspotential, kunskaper kring marknaden och flödet av elmotorer var kända kunde en produktkartläggning göras. Utifrån de identifierade kriterierna kunde fem produkter som bedömdes ha stor potential väljas ut för ytterligare granskning. Informationen från de tidigare stegen och nya intervjuer med producenter och produktionsansvariga

för dessa produkter kombinerades. Det gav mer specificerad kunskap kring återanvändningspotentialen för dessa produkter. Hur dessa olika steg genomfördes presenteras i detalj nedan.

4.2 Bakgrundsstudie

För att skapa en metod som skulle uppfylla syftet på bästa sätt behövdes en bred litteraturgenomgång först genomföras. Denna lade grunden för metoden och det fortsatta arbetet och presenterades i kapitel 2 Bakgrund och kapitel 3 Återanvändning. För att en bred kunskapsbas och områdeskoll först skulle finnas utfördes flertalet inledande intervjuer med olika områdeskunniga. Allt från anställda på Energimyndigheten och forskare vid flera olika universitet till företag och branschorganisationer intervjuades på ett ostrukturerat sätt. Kunskapen som samlades där gav en riktning till arbetet och den nästkommande litteratursökningen. Information hämtades främst från databaser som Google Scholar, Scopus och Science direct. Sökorden som användes var främst: *Re-use, Re-manufacturing, small electric motors, DC-motor, AC-motor, brushless motor, motors+household appliances, flow mapping, flödeskartläggning, WEEE, avfallsflöden Sverige, producentansvaret, directive + electric motors, lagar för elmotorer, circular economy, industrial symbiosis*. Via dessa sökord, korsreferering och experters råd gavs den nödvändiga kunskapen för att genomföra studien. De aktörer som är inblandade i detta område kunde också identifieras och presenteras i 4.4 Marknad och intressenter.

4.3 Potentialbedömning

För att besvara F1 gjordes en potentialbedömning. Det gav ett underlag för olika aktörer att kunna bedöma potentialen i just deras produktflöden. För att bestämma vad som ger olika produkter hög potential utfördes intervjuer med flera olika aktörer och kunniga om elmotorer och återanvändning. Frågorna var utformade för att ge respondenterna möjlighet att svara brett snarare än djupt och därför valdes semi-strukturerade intervjuer [Sandy & Dumay, 2011]. Syftet med intervjuerna var att få förståelse för vilka kriterier olika aktörer tror påverkar potentialen. Totalt genomfördes fem intervjuer. Fem intervjuer bedömdes vara tillräckligt många för att få svar på detta. Speciellt då allas svar var liknande trots att de intervjuade kom från olika bakgrunder och yrken. Aktörerna valdes för att svaren skulle få ett brett perspektiv som möjligt, i enlighet med Eisenhardt & Graebner (2007). Intervjuerna var oftast inte längre än 10 minuter och spelades in. Frågorna som ställdes presenteras i bilaga 1 och baserades främst på att utforska de olika aktörernas bild av återanvändningspotential. Exempel på en fråga som ställdes var "Vad krävs av en elmotorer för att den ska användas igen?". De intervjuade aktörerna presenteras nedan:

- **Louise Eriksson** - Design for recycling specialist - Stena Recycling. Eriksson arbetar främst med design för att minska miljöpåverkan och har bidragit med kunskap om drivkrafter och hinder för återanvändning.
- **Benedict Zielke** - Teknisk försäljare - Transmotec. Zielke arbetar som teknisk försäljare av små elmotorer och har kunskap och insikter om små elmotorer.
- **David Larsson** - Mekanikingenjör - STEGIA. Arbetar med små elmotorer och har expertis om tekniska aspekter för elmotorer.
- **Marcus Martinsson** - Business Development Manager - Stena Recycling. Martinsson arbetar med att utforska nya affärsmodeller för Stena.

- **Jens Leffler** - Expert Development Engineer - Electrolux. Leffler arbetar med forskning och utveckling av dammsugare på Electrolux. Arbetar tillsammans med Stena Recycling i ett projekt att skapa en dammsugare av 100% återvunnet och återanvänt material.
- **Fredrik Sjöberg** - Product Concept and Technology Project Manager - Electrolux. Sjöberg arbetar med forskning och utveckling för avdelningen matmixrar.

Dessa intervjuer kompletterades med de förutsättningar som Matsomuta et. al (2016) har tagit fram för att produkter vanligtvis ska kunna återanvändas som beskrivs i Kapitel 3. Generellt har svaren från intervjuerna prioriterats över litteraturen, där litteraturen har använts för att täcka aspekter som aktörerna inte beskrev i intervjuerna. De framtagna kriterierna presenteras i Tabell 6.

4.4 Marknadsanalys

Som det beskrivs i kapitel 3 Återanvändning så finns det tydliga trender i vad som brukar krävas för att återanvändning ska vara möjligt, vilka hinder som brukar finnas och hur dessa ska överkommas. Inför arbetet saknades denna information för återanvändning av små elmotorer. Detta steg besvarar **F2** och ger aktörer nödvändig kunskap om förutsättningarna på återanvändningsmarknaden. Detta gjordes genom semi-strukturerade intervjuer med olika aktörer. Valet av semi-strukturerade intervjuer förankras i metodvalet från Kissling et al. (2013) studie. För att kunna läsa av den intervjuade optimalt beskriver Creswell (2013) att personliga möten är att föredra. Då de intervjuade var utspridda på olika ställen i olika länder var inte det möjligt utan skedde istället över telefon- och videosamtal. Intervjuerna spelades in och sammanfattades, se bilaga 3. Svaren delades sedan in i antingen möjligheter eller barriärer och presenteras i kapitel 5.2 Marknadsanalys. De intervjuade fick sedan möjlighet att läsa resultatet av sin intervju för att säkerställa att rätt tolkning av deras svar gjorde.

Nedan presenteras de olika aktörerna och respondenterna som ligger till grund för marknadsanalysen. Genom att inkludera aktörer från olika delar av marknader minskar partiska resultat på grund av ett vidgat perspektiv [Eisenhardt & Graebner, 2007].

- Ansvariga för återvinningscentraler. En viktig del för återanvändning är uppsamlingen av produkter. I Sverige går nästan allt privatavfall till återvinningscentraler. Det är alltså här som det kan göras mest för få en effektiv produktinsamling.
 - **Lotta Claesson** - Teknisk utredare - Stockholm Vatten & Avfall. Claesson arbetar nära med återvinningscentraler i Stockholms området och har expertis inom området.
- Företag som arbetar med återvinning. Det är hos återvinningsföretagen som möjligheten att skapa en återanvändningsprocess finns. Antingen genom att sälja produkter som kommer in eller att själva utföra demonteringen. De som intervjuades från dessa aktörer var:
 - **Marcus Martinsson** - Business Development Manager - Stena Recycling. Martinsson arbetar med att utforska nya affärsmodeller och områden för Stena Recycling.
 - **Richard Knutsson** - Production Manager - Stena Recycling. Knutsson är anläggningschef över First Treatment på Stena Recycling i Halmstad.
 - **Louise Eriksson** - Design for recycling specialist - Stena Recycling. Arbetar främst med design för att underlätta och optimera återvinning och har bidragit med kunskap om drivkrafter och hinder för återanvändning.

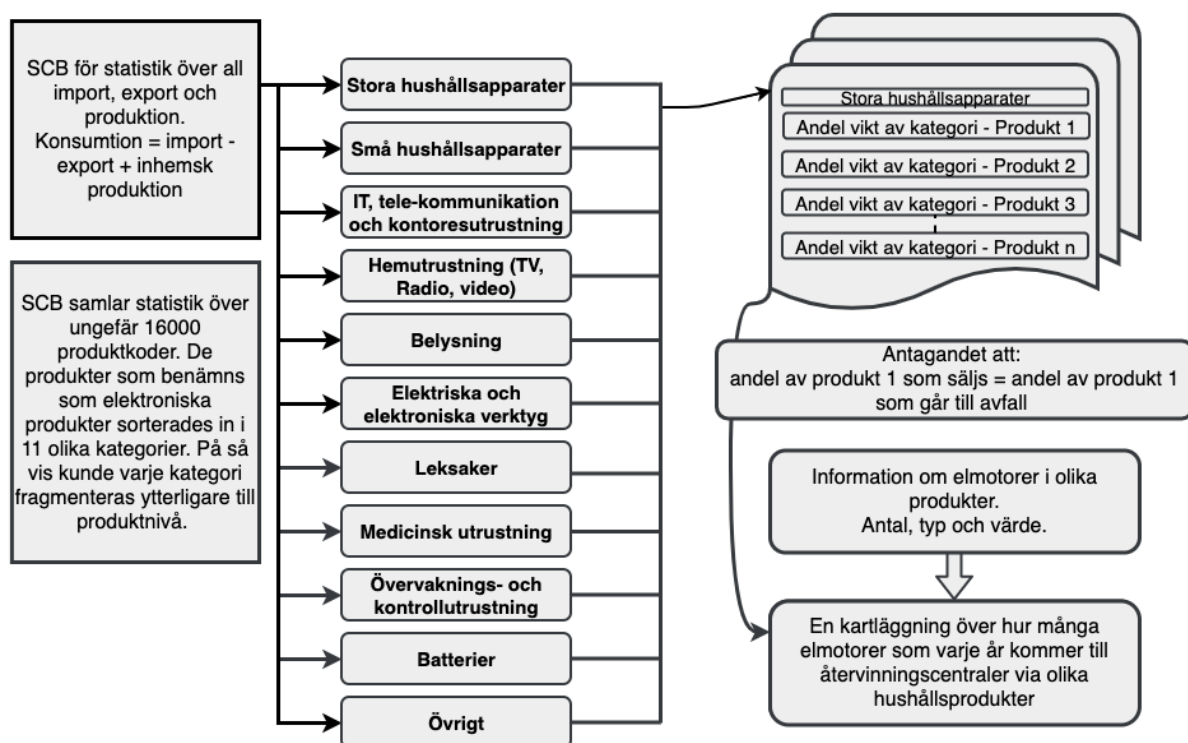
- **Andreas Brolin** - Produktionschef på First Treatment - Andreas jobbar nära med elektronikavfallet som kommer in till Stena Recycling.
- Producenter av produkter som har elmotorer. Det är hos dessa producenter det måste finnas en efterfrågan för motorerna ska kunna användas igen. Det är de som skulle behöva använda dessa motorer i sina produkter. Det var därför väldigt viktigt att ta reda på vad dessa producenter har för krav på processen och motorerna. De som intervjuades från dessa aktörer är:
 - **Jens Leffler** - Expert Development Engineer - Electrolux. Jens Leffler arbetar med forskning och utveckling av dammsugare. Arbetar tillsammans med Stena för att skapa en dammsugare av 100% återvunnet och återanvänt material.
 - **Fredrik Sjöberg** - Product Concept and Technology Project Manager - Electrolux. Arbetar med projekt om utvecklingen för avdelningen matmixrar.
 - **Anonym respondent** - Produktansvarig för tvättmaskiner - Anonym svensk tillverkare. Respondenten arbetar med R&D för diskmaskiner på ett svenskt vitvaruföretag.
 - **Henrik Holmgren** - R&D-ansvarig för robotics and mechanics - Husqvarna. Henrik arbetar med den mekaniska produktutvecklingen av elektriska autonoma gräsklippare.
 - **Rob Wyatt** - R&D Manager, Motor Technology SDA - Electrolux. Wyatt arbetar med forskning och utveckling av små elmotorer och för att se till att deras elmotorer motsvarar marknadens krav.
 - **Mats Sundin** - Senior Development Leader - Electrolux. Sundin är gruppchef för ett team som arbetar med att utveckla dammsugare.
- Återförsäljare av elmotorer. Det är dessa aktörer som måste kunna tillgodose producenterna med elmotorer som uppfyller produktkraven. De som intervjuades från dessa aktörer var:
 - **Benedikt Zielke** - Teknisk försäljare - Transmotec. Zielke är teknisk försäljare på ett återförsäljningsföretag av elmotorer och har varit respondent för frågor om elmotorer.
 - **Johan Ekbohm** - Product Sales Specialist - Powermec. Ekbohm arbetar som teknisk säljare av elmotorer och har bidragit med kompetens och erfarenhet om elmotorer till studien.
 - **David Larsson** - Mekanikingenjör - Stegia. Larsson har bidragit med expertis om elmotorer och insikter för val om produkter som analyserats ytterligare för denna studie.

Intervjuerna skiljde sig lite åt beroende på vilken typ av aktör som tillfrågades. Till exempel lades stort fokus på motorer och krav på dessa vid intervjuer av producenter och försäljare medans insamling, logistik och demontering tog större plats vid intervjuerna med återvinningsföretagen. Gemensamt var att de var uppbyggda för att fylla de kunskapsluckor som behövs för att möjliggöra återanvändning. Intervjufrågorna inspirerades av Sakao & Sundin (2018) studie om framgångsfaktorer för lyckad återanvändning och Kissling et al. (2013) studie om barriärer och förutsättningar för återanvändning. Exempelvis ställdes frågan "Vad tror du krävs för att ställa om till återanvända elmotorer som används i era sortiment?" och "Vad för behov tror ni behöver mättas för att återanvända elmotorer ska kunna ta plats på marknaden?". Intervjumetoden inspirerades av Sandy & Dumay (2011) definition av semi-strukturerad intervju med ett stort fokus på flexibilitet. Flexibiliteten krävdes för att kunna ställa spontana frågor om respondenten beskriver något som måste förtydligas. Dessa intervjuer var mer

omfattande än potentialbedömningsintervjuerna och höll i ungefär 30-45 minuter. Intervjufrågorna redovisas i bilaga 2.

4.5 Flödeskartläggning

Det saknas statistik och data över vart det finns elmotorer och i vilka kvantiteter de går till avfall. Därför behövdes en flödeskartläggning över detta göras. Detta besvarar **F3** och är viktig kunskap för förståelsen över hur avfallsflödena ser ut. Figur 4 illustrerar hur flödeskartläggningen gick till. Metoden utgick från att kartlägga den svenska konsumtionen av elektroniska produkter. Detta gjordes med den statistik SCB för över import, export och produktion. Konsumtionen delades in i de 11 kategorier El-kretsen som kategoriserar avfallstatistik för, se Tabell 1. För att flödet av elmotorer skulle kunna kvantifieras krävdes en uppskattning över hur stor andel av varje produkt varje kategori innehöll. Med antagandet att de produkter som konsumeras även är de produkter som går till avfall kunde El-kretsens avfallsdata användas för att beräkna kvantiteten över produkter som kommer till återvinningscentraler. Det vill säga att om en produkt står för $X\%$ av konsumtionen inom en kategori antas samma produkt stå för $X\%$ av avfallet inom den kategorin. När produktflödet till ÅVC var känt kunde flödet av elmotorer kartläggas. Detta är en metod liknar arbetssätt som använts innan för att kartlägga olika avfallsflöden i Sverige, se till exempel [Hemström et al., 2012] eller [Kalmykova et al., 2015]. Vid databearbetning kommer flera statistikkällor höja säkerheten [Ruigrok et al., 2008]. Detta var inte möjligt att genomföra. Resultatet har istället jämförts med tidigare studier med liknande metod för att verifieras.



Figur 4: Tillvägagångssättet för att genomföra flödeskartläggningen. Arbetet började från vänster och rör sig med pilarna till höger. Metoden kombinerar data från SCB, El-kretsen och antaganden för att kvantifiera hur många elmotorer som tar sig till återvinningscentraler i Sverige.

Det första steget i en flödesanalys är enligt Brunner & Rechberger (2004) att skapa ett system och kartlägga vilka flöden som rör sig in, ut och inom systemet. Systemgränserna i denna kartläggning var Sveriges gränser och hur flödena ser ut illustreras i Figur 1. För att kunna göra en statistisk kartläggning krävdes det att alla strömmar av produkter inom Sverige lokaliserades och beräknades. De betydande strömmarna och vart datan hämtats från presenteras nedan i Tabell 4. Kartläggningen som gjordes var vad Brunner & Ernst (1986) beskriver som indirekt analys. Det innebär att det är statistik och data som granskas för att sammanställa flödena.

Tabell 4: Produktströmmar och var data kring dessa hämtades

Avfallsflöde	Var statistik hämtades från
Elektroniskt avfall som kommer till ÅVC	El-Kretsen
Importerade produkter	Statistiska Centralbyrån
Exporterade produkter	Statistiska Centralbyrån
Inhemsk produktion	Statistiska Centralbyrån
Importerat & exporterat elavfall	Naturvårdsverket
Stölder från återvinningscentraler	Kontakt med ansvariga för ÅVCs
Upplagring av produkter	SCB & El-kretsen

Nedan beskrivs hur data har hämtats och använts från de olika strömmarna som presenterades i Tabell 4.

Elektroniskt avfall som kommer till återvinningscentraler

El-kretsen samlar in data över hur mycket elektroniskt avfall som varje år kommer till återvinningscentraler. Det görs genom att företaget EXSE varje dag går igenom 2% av allt avfall. Utifrån deras data kan El-kretsen kvantifiera avfallet i hur många ton som årligen slängs i de ovan nämnda kategorierna. Det saknas dock ytterligare statistik där produkterna inom kategorierna kvantifieras. Även om EXSE samlar statistik i fler kategorier är datan uppdelad och ingen fullständig produktkartläggning kunde utföras utifrån detta.

Import, export och produktion

Eftersom de kategorier El-Kretsen använder sig av inte var produktuppdelade var det första steget att identifiera vilken KN-kod som passar in i vilken kategori. Detta gjordes genom att alla koder granskades och lades in i den kategorin som passade. De flesta produkter innehöll inte elektronik och togs därför inte med. Många koder var även för delar till produkter och dessa ingick inte i statistiken och precis som i Hemström et al. (2012) antogs de inkluderas i datan för produktionen.

För att säkerställa att eventuella trender inte påverkade ett års data undersöktes statistik från 2015 till 2018. Detta innebar att proceduren och sorteringen behövde göras flera gånger. Det bedömdes ändå vara nödvändigt för att säkerställa att siffrorna är representerbara för konsumtionen ett normalår i Sverige.

De flesta produkter var enkla att tilldela rätt kategori då varje kod innehöll förklarande beskrivningar. Som det syns i Tabell 2 kunde dessa beskrivningar emellanåt vara svåra att tolka. Då detta gjordes manuellt kunde det inte med full säkerhet garanteras att varje produkt hamnade i rätt kategori eller att alla produkter som tillhörde någon kategori inkluderades. Denna osäkerhet bedömdes trots det inte påverka resultat av flödeskartläggningen.

Importerat och exporterat elavfall

Det importeras och exporteras avfall till och från Sverige. Det avfall som är anmälningspliktigt måste registreras hos Naturvårdsverket. I övrigt finns ingen anmälningsplikt vilket möjliggör transporter in och ut ur landet (U Hagelin, personlig kommunikation 2020-03-31). Det gör att ingen statistik över elektroniskt avfall samlas och kan inkluderas i kartläggningen.

Stölder från återvinningscentraler

Stölder från återvinningscentraler sker och ställer till med problem på olika håll. För att ta reda på omfattningen av stölderna och kvantiteten av dem intervjuades Lotta Claesson och Britta Moutakis. Claesson arbetar på Stockholms Vatten & Avfall och Moutakis är rådgivare för bland annat återvinningscentraler och elavfall på Avfall Sverige. Det förs i nuläget ingen statistik för stölder på återvinningscentraler. (B Moutakis, personlig kommunikation, 2020-02-14). Av de stölder som begås är det främst bilbatterier som stjäls då de innehåller mycket bly som har ett högt andrahandsvärde (L Claesson, personlig kommunikation, 2020-02-14). Från respondenterna beskrivs det att elavfall hålls inlåst under natten och att stölderna av detta på så vis är relativt låga. Stölder från återvinningscentraler antas därför vara försumbart och inte påverka resultatet av flödeskartläggningen. Det försummas även i studien av Hemström et al. (2012)

Internethandel från utländska företag

De varor som handlas från utländska företag deklarerar inte i SCB's register [Hemström et al., 2012]. Däremot registreras handel från företag utanför EU om produkten överstiger ett visst värde. Det var dock inte möjligt att få information om dessa varor då det skulle krävas alla konsumenters personnummer. Enligt Hemström et al. (2012) är dock mängden privatimporterade varor försumbara

och precis som det gjordes i deras kartläggning valdes privatimporten att exkluderas från studien.

Upplagring av produkter

En undersökning av upplagring kring produkterna gjordes för att avfallströmmarna de kommande åren skulle kunna uppskattas. För att det skulle vara möjligt behövde produkternas livslängd bestämmas. Det gjordes med egna uppskattningar i kombination med de livslängder Hemström et al. (2012) valde. Upplagringen motsvarar nettoinlödet över produktens livslängd [Sörme & Brolinson, 2010]. Det innebär att dessa produkter är kvar i sin användningsfas under den tiden. Denna metod används också av Hemström et al. (2012). För att få ett så exakt resultat som möjligt skulle nettokonsumtionen behöva bestämmas som ovan för varje produkt för varje år. Detta bedömdes inte vara rimligt inom den tidsgräns projektet innefattade. Som det beskrivs ovan gjordes en jämförelse över konsumtionen mellan 2015 - 2018 (bilaga 4). Resultatet av den visade att 2018 var ett normalt konsumtionsår i Sverige och kunde därför användas som representativ indata för alla år. Jämförelsen gällde dock de senaste årens konsumtion och marknaden för dessa produkter är i ständig utveckling. Upplagringen ska dock ses mer som en fingervisning än som ett bekräftat resultat. Även om resultatet innehåller osäkerheter kommer de flesta produkter i sinom tid nå återvinningscentraler. Det innebär att den uträknade upplagringen kan ses som en uppskattning över hur elmotorer som finns i Sverige i dessa produkter för tillfället.

När alla flöden hade kartlagts kunde datan sammanställas. Det resulterade i den totala konsumtionen i vikt för varje produkt. För att kunna beräkna antalet elmotorer som kommer till ÅVC behövde även antalet produkter som kommer till ÅVC beräknas. De gjordes med en medelvikt som baserades på de tio mest sålda varorna hos en svensk återförsäljare. När flödet av produkter var känt kunde även flödet av elmotorer bestämmas. Varje produkt undersöktes för att se hur många elmotorer den innehöll. Vissa produkter har egentligen fler motorer än de som inkluderades. Motorerna som valdes bort gjorde det på grund av att de är mindre än de motorer som studien innefattar och därmed för billiga för att vara intressanta.

4.5.1 Antaganden för flödeskartläggning

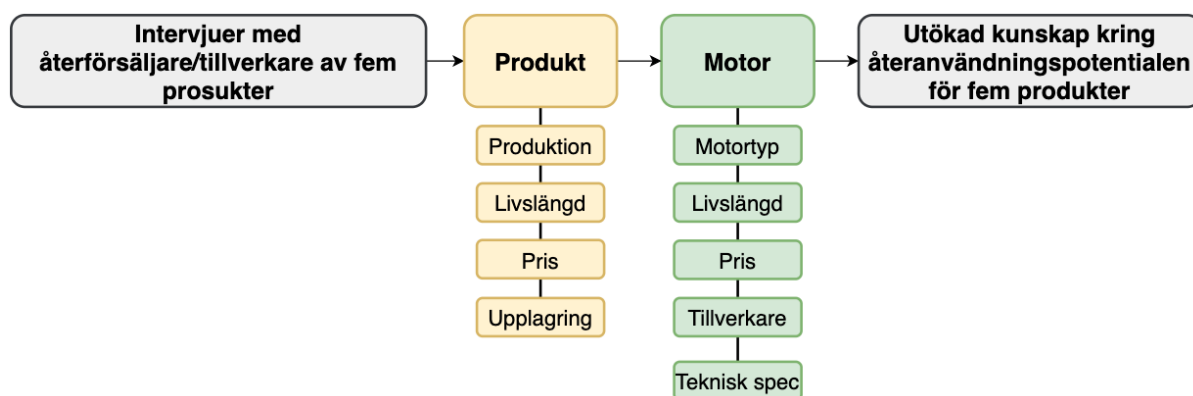
För att kunna beräkna mängden elmotorer som går till avfall behövde vissa antaganden göras. Dessa presenteras nedan:

- Andel såld produkt = andel produkt som går till ÅVC.
- Det som importeras säljs samma år. Vissa varor hamnar på lager och säljs inte till en konsument under den period som använts för beräkningarna.
- De produkter som köps idag är inte samma produkter som slängs. Det sker hela tiden en snabb utveckling inom dessa produktområdena och dessa ändringar kan ha lett till att konsumtion inte riktigt är representativ för avfall. Även vikten på produkterna kan ha ändrats med tiden.
- Eftersom det är en manuell sortering skulle varor kunna hamna i fel kategori.
- Statistiken bygger på att företag rapporterar korrekt.
- Vid produktion så finns det inte krav på att det ska rapporteras i ton utan det kan även rapporteras i kubikmeter, kvadratmeter, liter eller dylikt. Vissa siffror behövde därför ändras till vikt.
- Det fanns svårigheten att uppskatta variationer inom samma produktgrupp. Två kylskåp kan till exempel vara väldigt olika vilket leder till att den uppskattade genomsnittskylen kanske inte är den

faktiska genomsnittskylen.

4.6 Produktkartläggning

När **F1-F3** var besvarade gavs möjligheten att undersöka vilka produkter som hade störst återanvändningspotential. Genom att utgå från kriterierna som identifierades i potentialbedömningen kunde en matris med alla kriterier och alla produkter göras, se bilaga 7. Produkterna bedömdes i tre nivåer över i vilken grad de uppfyller potentialen. Utifrån matrisen kunde fem produkter med stor återanvändningspotential väljas, se Tabell 13. Då valet av produkter skedde innan ytterligare kunskap om dem inhämtats var potentialen i viss mån uppskattad från den förkunskap som fanns. I kapitel 5.4 Produktkartläggning motiveras valet av dessa produkter ytterligare. Detta steg gav ytterligare djup till examensarbetets syfte och mer kunskap om återanvändningspotentialen. De produkter som valdes var dammsugare, matmixrar, skruvdragare, robotgräsklippare, och diskmaskin. Valet baserades inte enbart på att uppnå en så hög potential som möjligt. Det var även av intresse att jämföra produkter som hade likheter, olikheter, olika potentialskillnader med mera. De utvalda produkterna upplevdes dock alla att initialt uppvisa en stor potential för återanvändning. Figur 5 nedan beskriver tillvägagångssättet för produktkartläggningen.



Figur 5: Tillvägagångssättet för produktkartläggningen. Arbetet rörde sig från vänster till höger där varje block har varit utgångspunkt för intervjuerna och analysen.

För att kunna jämföra de olika produkternas återanvändningspotential behövdes liknande information för de olika produkterna. De som var önskat att ta reda på var mer information om det som påverkade återanvändningspotentialen, se Tabell 6. Främst låg fokus på att undersöka vilken elmotor som sitter i de olika produkterna, priset på produkten och motorn, produkternas livslängd och produkternas flöde. Det vill säga det som identifierades påverka potentialen mest i potentialbedömningen. Information samlades genom intervjuer av aktörer med produktions- eller utvecklingsansvar på stora företag. Information samlades även från flödeskartläggningen. Semi-strukturerade intervjuer användes då det ger en flexibilitet i riktningen [Sandy & Dumay, 2011]. Svaren från intervjuerna spelades in och sammanfattades. De intervjuade personerna beskrivs i Tabell 5 nedan.

Tabell 5: De som intervjuades för att utreda produkternas återanvändningspotential av elmotorer

Produkt	Intervjuad	Roll
Dammsugare	Jens Leffler	Expert Development Engineer - Electrolux.
Matmixrar	Fredrik Sjöberg	Product Concept and Technology Project Manager - Electrolux
Skruvdragare	Ryobi	Produktchef för skruvdragare
Robotgräsklippare	Husqvarna	Mekanikern för robotgräsklippare
Diskmaskin	Anonym	Produktansvarig vid svensk diskmaskinsproducent

Elmotorer

Det var intressant att undersöka vilken elmotortyp som främst används. I detta steg kontaktades producenter av produkterna för att ta reda på varför de använder just den elmotorn, hur den valdes, dess drifttid, skillnader mellan olika motorer, hur den integreras i produkten, hur den utvecklas och så vidare.

Livslängd

Då det är en stor variation mellan samma produkter och hur människor använder dem fanns inget svar på hur lång den faktiskt är. Det gjorde att livslängden var tvungen att uppskattas utifrån intervjuer och litteraturstudier. Precis som innan uppskattades livslängderna utifrån Hemström et al. (2012). Anledningen till att livslängden behövdes var för att kunna jämföras med elmotorns livslängd. Om produkten har en kortare livslängd än elmotorn kan det tyda på att motorn kommer vara av bra kvalitet när produkten kasseras. Livslängden var även nödvändig för att få en överblick och undersöka hur flödet av produkten rör sig till ÅVC. Om en produkt exempelvis skulle börja massproduceras och säljas 2020 och ha en livslängd på 15 år kommer det mesta av produktflödet inte att återfinnas på återvinningscentraler förens om flera år [Kalmykova et al., 2015].

Pris

Priset i produktkartläggningen har hämtats från B2B-hemsidor för elmotorer och från reservdelshemsidor. En dyr elmotor underlättar återanvändning då det finns de ekonomiska incitamentet blir större för alla aktörer, vilket beskrivs i potentialsutredningen.

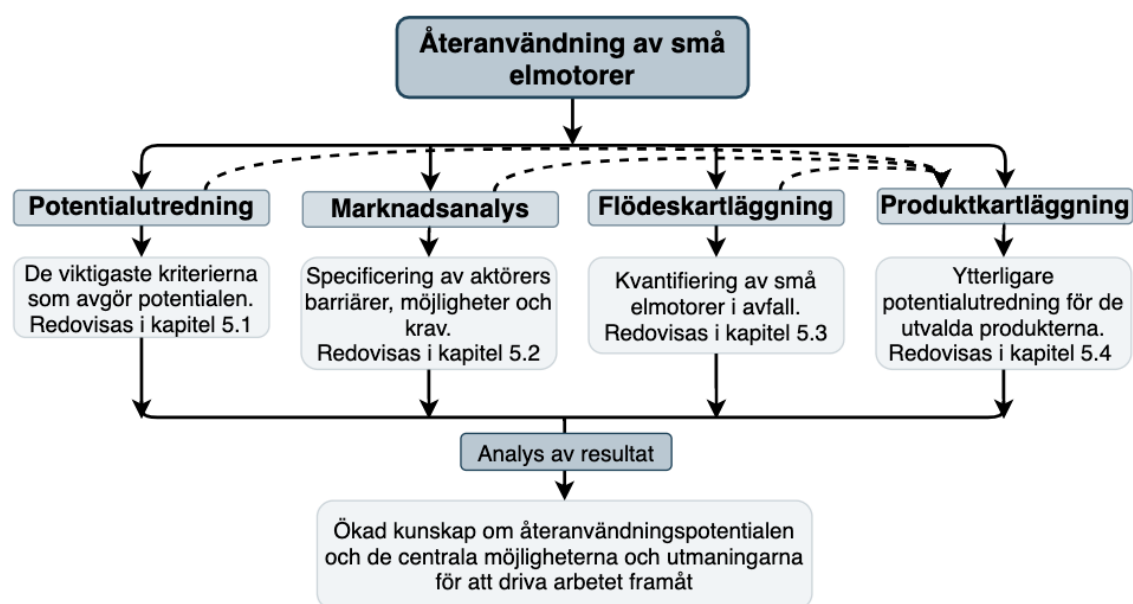
Upplagring

Upplagringen är viktig för det framtida flödet. Den bestämdes på samma sätt som för övriga produkter, se Kapitel 4.5 Flödeskartläggning.

4.7 Analysmetod

De tre ställda forskningsfrågorna och de olika stegen utforskar olika områden av återanvändning. De har också olika bidrag till att svara på hur potentialen för återanvändning ser ut. Potentialutredningen besvarar **F1** och bidrar med nya fynd kring vad som avgör vilken potential som finns för att återanvända elmotorn i en produkt. Detta leder till att aktörer kan uppskatta sina produkter och produktflöden för att bedöma vart det finns högst potential. Marknadsanalysen besvarade **F2** och bidrog med vad olika aktörer på marknaden tänker kring återanvändning. Detta var sedan innan okänt och är viktiga fynd för den övergripande förståelsen. Flödeskartläggningen besvarade **F3** och bidrar med en kvantifiering av elmotorflödet som inte tidigare funnits. Den ger även en uppdaterad bild över flödet av elektroniska produkter. Detta är viktigt för att aktörer ska få en förståelse över vilka kvantiteter som finns tillgängliga och på så vis kunna bedöma återanvändningsmöjligheterna.

Produktkartläggning väver ihop de olika forskningsfrågorna och ger ett ytterligare djup i besvarandet av syftet. För att välja ut produkter med hög potential användes de kriterier som togs fram i samband med F1. Marknadsanalysen gav mer förståelse för hur varje kriterium påverkar produktens potential. Ett kriterium var kvantitet och med hjälp av flödeskartläggningen kunde den beräknas. I Flödeskartläggningen undersöktes även motorerna som varje produkt innehåller övergripande. Det gav initial kunskap om kvaliteten och priset som kunde användas till att bedöma potentialen. Produktkartläggningen gav en djupare bild av vilken potential fem produkter har för att deras elmotorer ska återanvändas. Alla dessa steg bidrog gemensamt till att återanvändningspotentialen utreddes, vilket illustreras i subsection 4.7 nedan.



Figur 6: Figuren visar hur examensarbets olika steg syntatiseras till att gemensamt öka kunskapen inom återanvändning av små elmotorer. Detta resulterade i att centrala möjligheter och utmaningar för fortsatt arbete identifierades.

För att utmaningar och möjligheter som finns på marknaden skulle kunna identifieras och att examensarbetet på så vis skulle kunna vägleda den fortsatta kunskapsutvecklingen krävdes det att kunskapen från de olika stegen kombinerades. Resultaten analyserades tillsammans för att konkretiseras till de centrala utmaningar och möjligheter som finns på marknaden. Dessa steg presenteras först i sin helhet i kapitel 5 Resultat. I kapitel 6 Diskussion resoneras det sedan vad dessa resultat betyder för marknaden när de kombineras med varandra.

Vid analys av de olika resultaten har litteraturen varit närvarande. Både för att komplettera resultatet men också för att verifiera fynden och valet av metod. Som det illustreras i Tabell 3 användes olika metoder för att besvara de olika ställda forskningsfrågorna. F1 och F2 besvarades främst genom intervjuer även om de kompletterades med litteratur. F3 besvarades genom att statistik sammanställdes. För att tolka resultatet behövdes då generellt två olika analysmetoder användas: sammanfatta och konkretisera svar från semi-strukturerade intervjuer och analysera statistik.

5 Resultat

I detta kapitel redovisas resultaten som uppnåddes genom metoden och har använts som grund för att besvara de olika forskningsfrågorna. Resultatet har sammanställts från intervjuer och empiri.

5.1 Potentialbedömning

Utifrån de intervjuer av aktörer inom elmotorer kombinerat med litteraturstudier kunde de kriterier som avgör potentialen för återanvändning bestämmas. I Tabell 6 nedan presenteras de viktigaste kriterierna som identifierats. Gemensamt för intervjuerna var att alla respondenter på något vis nämnde dessa kriterier. Dessa kan därför ses som en indikation över vad de viktigaste sakerna för återanvändning är.

Tabell 6: De viktigaste kriterierna som påverkar potentialen för återanvändning samt kommentar till varför och hur den påverkar potentialen. Kriterierna är baserade på intervjuer samt litteratur om återanvändning.

Kriterie	Kommentar
Motorpris	Priset på elmotorerna påverkar lönsamheten från försäljningen av elmotorerna
Demonteringstid	Demonteringstiden påverkar arbetskostnaden för att demontera motorn ur produkten
Kvantitet	Kvantiteten påverkar tillgängligheten för elmotorer och påverkar totala lönsamheten för återanvändningsmarknaden
Kvalitet	Kvantiteten påverkar tillgängligheten för elmotorer och påverkar totala lönsamheten för återanvändningsmarknaden
Information	Information bidrar till att kunskap kan delas mellan olika aktörer samt påverkar hanteringen
Utvecklad produkt	En stabil produktteknik och processteknik ökar förutsättningarna för återanvändning

Kriterierna som identifierades nämndes indirekt i alla intervjuer. Några aktörer pratade om hur drifttiden eller användningen av produkten påverkar potentialen då detta ger slitage på motorn. Det har då kopplats till att det är kvaliteten på motorn som påverkar potentialen. Andra saker som nämndes som kan påverka potentialen var till exempel att vissa synergier med redan befintliga arbetsmetoder kan underlätta. Till exempel plockas alltid batterierna ut ur en produkt i och med producentansvaret [Sveriges Riksdag, 2008]. I demonteringen skulle då motorn kunna separeras snabbare. Det kan betyda att produkter som har batterier får högre potential. Dessa kriterier kan också kopplas till det som Matsumuta et al. (2016) beskriver som de viktigaste förutsättningarna för att möjliggöra återanvändning. De nämner också hur viktigt det är att delarna, i detta fall motorn, har ett bra skick efter användning, att värdet är högt och att information finns tillgänglig. Nedan följer en förklaring över vad de viktigaste kriterierna innebar för en elmotor.

Motorpris

Det majoriteten av de respondenterna beskrev som viktigast för återanvändningspotentialen var priset. Aktörerna upplever att om det överhuvudtaget ska vara möjligt att jobba med återanvändning kommersiellt så ska det vara lönsamt. Det beskrivs i litteratur att priset måste kunna konkurrera med

nyproducerade varor för att vara ekonomiskt hållbart [Wilts et al., 2017]. Producenterna beskriver att inköpspriset för en återanvänd elmotor förmodligen behövde vara lägre än nyproducerandes inköpspris, eftersom kvaliteten för en återanvänd elmotor inte kan konkurrera med en nyproducerad elmotor. Flera aktörer nämnde att marknadsföringsfördelarna initialt kunde få företag att starta upp projekt. Det beskrivs vara svårt att hålla på med återanvändning om det inte gav långvariga ekonomiska fördelar. Sammanfattningsvis upplever aktörerna att återanvändning kommer att gynnas av en motor med ett högt pris.

Demonteringstid

Flera aktörer beskriver att demonteringstiden är viktig för återanvändningspotentialen. Det beskrivs att en lång demonteringstid bidrar stort till att processen blir dyrare (M Martinsson, personlig kommunikation, 2020-02-27). Det innebär att potentialen blir högre om det är tiden att demontera motorn blir kortare. Det skulle till exempel kunna hjälpas av en smart produktdesign eller att batteriet ändå behöver plockas ut (L Eriksson, personlig kommunikation, 2020-03-02). Att minska demonteringstiden och underlätta demonteringen är en del av ekodesigndirektivet [Bundgaard, 2016] vilket indikerar på att det demonteringen kommer vara effektivare i framtiden. Det beskrivs även att flera nationer arbetar med att skapa direktiv som gynnar demontering [Wilts et al., 2017].

Kvantitet

Att det finns en stor kvantitet av elmotorer är en grundförutsättning för att återanvändning ska vara möjligt [Gaidajis et al., 2010, Wilts et al., 2017, Sakao & Sundin, 2018]. Flera aktörer beskriver även detta som ett av de viktigaste kriterierna. Aktörerna beskriver att större flöde ökar tillgängligheten av elmotorer som kan återanvändas vilket leder till att marknaden för återanvända elmotorer kan bli ekonomiskt hållbar. Större kvantiteter leder därför till att potentialen ökar. Ett stort produktflöde kommer troligtvis också leda till att fler produkter i bättre skick kommer till återvinningscentraler (M Martinsson, personlig kommunikation, 2020-02-27).

Kvalitet

Aktörerna beskriver att kvaliteten har en stor påverkan på potentialen för återanvändning. Det beskrivs att det underlättar processen eftersom flödet av potentiella elmotorer för återanvändning ökar med högre kvalitet (F Sjöberg, personlig kommunikation, 2020-03-26). Sakao Sundin (2018) beskriver att en hög kvalitet på en produkt gör det prisvärt för konsumenter och kan ses som en "win-win" mellan återvinningsföretag, konsumenter samt samhället. Det beskrivs av flera aktörer att om kvaliteten på elmotorerna är hög i en produkt minskar det elmotorer som inte uppfyller kraven för återanvändning. Kvaliteten på avfallet beskrivs av litteraturen som en trend som många nationer arbetar med [Wilts et al., 2017] vilket stödjer framtida återanvändning av elmotorer.

Information

Flera aktörer beskriver att information underlättar arbetet med återanvändning. Det kan vara allt från hur motorn fungerar, CE-märkningar, hur den enklast demonteras till i vilka kvantiteter de kommer. Det beskrivs av flera aktörer att tillgänglig information påverkar återanvändningspotentialen. De beskriver att det kommer underlätta eller försvåra hanteringen av elmotorerna. Det beskrivs även i litteraturen som informationsdelning gynnar den cirkulära affärsmodellen [Fraccascia & Yazan, 2018].

En utvecklad produkt

Matsomuta et al. (2016) menar att en stabil produktteknik och en stabil processteknik ger bra förutsättningar för återanvändning. Detta beskrivs som en viktig pelare för återanvändning av litteraturen, men ingenting som aktörerna beskrev i intervjuerna. Detta kan bero på att de tillfrågade generellt arbetar med produktutveckling och hade kunskap om produkten snarare än bred kunskap

om återanvändning. Det gör att de inte har andra produkters perspektiv eller lyckade återanvändningsprojekt att jämföra med. Med en stabil produkt- och processteknik menas att produktens utveckling har kommit långt. På så vi kommer stora ändringar i designen ske mer sällan och de motorer som kommer till återvinningscentraler kan användas igen. Om produkten istället utvecklas mycket och snabbt kan det leda till att komponenterna snabbt blir utdaterade.

I nästkommande delkapitel kommer konkreta möjligheter och barriärer för återanvändning, för att lyfta fram exempel som påverkar potentialen.

5.2 Möjligheter och barriärer för återanvändning av små elmotorer

I jämförelse med tidigare kapitlet om potentialbedömningen beskriver detta kapitel mer konkreta drivkrafter och barriärer som påverkar möjligheten att återanvända en elmotor. Genom att analysera och sammanfatta svaren från olika respondenter från olika aktörer summerades de möjligheter och barriärer som finns för återanvändning av små elmotorer, inspirerad av strukturen från Kissling et al. (2013). Sammanfattningen är baserad på svar från intervjuerna som finns i bilaga 3. Tabell 7 presenterar de möjligheter och barriärer som de olika aktörerna beskriver. En mer detaljrik sammanfattning följer i texten nedan.

Tabell 7: Möjligheter och barriärer för återanvändning av elmotorer. Dessa olika nyckelord sammanställdes från intervjuer av olika aktörer.

Möjligheter	Barriärer
Stort flöde av elmotorer	Problematiken med logistik
Intresse från olika branscher	Kvalitetsspridning av elmotorer
Möjligheter med ny marknad	Kräver komplext samarbete
Institutionella drivkrafter för återanvändning	Omogen marknad
Standardisering av elmotorer	Återvinning prioriteras före återanvändning
Reservdelsmarknaden	Svårt att anpassa elmotorer för en till livscykel
Utveckling på återvinningscentraler	Kredibiliteten på en återanvänd elmotor
	Barriärer kopplade till produktion

5.2.1 Möjligheter för återanvändning

Nedan följer en kort beskrivning av de olika möjligheterna för återanvändning sammanfattat och konkretiserat från intervjuerna i bilaga 3.

Stort flöde av elmotorer: Den främsta möjligheten som flera aktörer beskriver är det stora flödet av elmotorer. Elmotorerna samlas in på få platser där en stor fraktion hanteras av El-kretsen. Det gör att flödet kan centraliseras och kvantifieras för en framtida återanvändning. En relaterad möjlighet som beskrivs av aktörerna är den goda kvaliteten på elmotorerna. Aktörerna beskriver att det troligtvis finns många motorer med lång livstid kvar i vid kasseringen och att de kan användas i ytterligare en livslängd. Flera aktörer beskriver att det finns upp till 90% kvar av livslängden.

Intresse från olika branscher: En annan möjlighet är att flera aktörer har visat intresse för att återanvända elmotorer och det beskrivs från flera håll att det kan finnas lönsamhet i det. Exempelvis genom mindre materialkostnader för elmotorerna eller från ett marknadsföringsperspektiv (Anonym respondent, personlig kommunikation, 2020-04-24). Majoriteten av aktörerna beskriver att

informationsdelning mellan olika aktörer gynnar återanvändningspotentialen för elmotorerna. Detta ses som en möjlighet eftersom det finns flera aktörer under elmotorns värdekedja som är intresserade av ett samarbete. Något som visar på att det finns möjligheter att skapa värde i någon typ av plattform eller nätverk.

Möjligheter med ny marknad: En möjlighet som aktörerna beskriver är att återanvända elmotorer kommer introduceras på en ny marknad vilket innebär både möjligheter och barriärer. Exempelvis skulle det finnas få lagkrav att anpassa produkten efter och det skulle vara lättare att vara flexibla för att möta konsumenternas behov (M Martinsson, personlig kommunikation, 2020-04-29). Det är möjligt att produkter med återanvända motorer inte kommer att konkurrera om samma kundgrupp som produkter med nya elmotorer. Det kan göra att företag inte kommer att förlora kunder och intäkter genom dessa projekt.

Institutionella drivkrafter för återanvändning: Aktörerna beskriver att potentialen för återanvändningen kan bli högre i framtiden om direktiv och krav från myndigheter och andra organ kommer gynna återanvändning mer. I exempelvis Nederländerna gynnas företag som arbetar med cirkulär ekonomi på offentliga upphandlingar (L Eriksson, 2020-03-02). Enligt Eriksson skulle denna utveckling kunna komma att bli användbar för denna typ av arbete i Sverige. Företag börjar allt mer att arbeta med cirkulära affärsmodeller istället för linjära vilket ses som en stor möjlighet för framtidens återanvändning av elmotorer. Exempelvis beskriver Martinsson att det finns ett driv på EU-nivå att arbeta med steg längre upp på avfallshierarkin, där avfallshanteringen rör sig mot återanvändning från material- och energiåtervinning. Det finns idag nationella återanvändningsprojekt av IT-produkter som datorer, smartphones och surfplattor (A Brolin, 2020-02-11). Detta ses som en möjlighet då företag ser att det finns kommersiell lönsamhet i liknande projekt.

Standardisering av elmotorer: En trend flesta aktörer tror på är att borstlösa elmotorer kommer bli vanligare i produkter. Borstlösa motorer har en längre livslängd, är av bättre kvalitet och har ett högre pris, vilket kommer höja återanvändningspotentialen (R Wyatt, personlig kommunikation, 2020-05-13). Flera aktörer beskriver att om det ska vara möjligt att ha en hållbar återanvändning så är det genom borstlösa elmotorer. Wyatt beskriver att elmotorer börjar att bli mer standardiserade och att i framtiden kommer det vara lättare att anpassa elmotorer i andra produkter. Flera aktörer beskriver att i nuläget är motorerna anpassade efter varje produkt vilket gör det svårt att använda motorn i någon annan produkt än den kom ifrån. Vid en standardisering tros även kvalitetstesterna av elmotorerna bli mer tidseffektiva (R Wyatt, personlig kommunikation, 2020-05-13).

Reservdelsmarknaden: En annan möjlighet är att sälja återanvända elmotorer som reservdel. Flera aktörer tar upp reservdelsmarknaden som ett alternativ för återanvända elmotorer. Marknaden är gynnsam eftersom det inte krävs lika stora kvantiteter av elmotorer. Elmotorer skulle kunna plockas från återvinningsanläggningar för att täcka behovet direkt för en producent på följande sätt: en order på en reservdel kommer till företaget, sen ser återvinningsanläggningen till att de kan leverera den reservdelen (Anonym respondent, 2020-04-24). Det leder till att producenter inte behöver ha något lager för gamla motorer. Några aktörer nämnde också att lägre kvalitet på motorn skulle accepteras om den ska användas som reservdel. De direktiv och lagar som finns skulle inte heller påverka elmotorerna lika mycket om de behandlas som reservdelar kontra nyproduktion (R Jonsson, personlig kommunikation, 2020-04-28). Reservdelar kan även vara dyrare att köpa in än vanliga delar på grund av det begränsade utbudet (F Sjöberg, personlig kommunikation, 2020-04-22). Det finns en leveranssäkerhet med att återanvända elmotorer då de försäljaren har statistik på vilka varor de har

sålt och att det går att förvänta sig att de flesta kommer komma till återvinningscentral.

Utveckling på återvinningscentraler: En förbättrad avfallsorteringen kan höja potentialen. Sorteringen på återvinningscentraler blir mer och mer kategoriserad (L Claesson, 2020-04-29). Det kan leda till effektivare insamling av produkter, som på vis kan leda till att sorteringsprocessen på återvinningsanläggningar blir snabbare.

5.2.2 Barriärer för återanvändning

Nedan följer barriärer för återanvändning sammanfattat och konkretiserat från intervjuerna i bilaga 3.

Problem kopplat till logistik: Den främsta barriären, som påverkar flera olika aspekter av återanvändningen, är logistiken. Aktörerna beskriver att det är delade meningar över vem som ska ansvara för hanteringen och var kvalitetstester och certifieringar ska ske. Ett alternativ är att elmotorsproducenter ska göra kvalitetstester, men eftersom dessa framförallt finns utomlands kommer det vara komplext och tidsomfattande att utföra det genom dem. Aktörerna beskriver vidare att det kommer vara svårt att kunna tillgodose producenternas behov om elmotorerna ska användas för nyproduktion. Eftersom flödet av elmotorerna kommer variera beroende på avfallet som kommer in till återvinningscentraler är det svårt att tillgodose producenterna ett kontinuerligt flöde av elmotorer (F Sjöberg, 2020-04-22).

Kvalitetsspridning av elmotorer: Aktörerna beskriver att det finns oklarheter över hur frågan om hur stor kvalitetsspridningen som ska tolereras. Den stora variationen på kvalitet mellan olika elmotorer ses som en stor barriär eftersom alla återanvända elmotorer måste kvalitetstestas individuellt vilket kommer vara en tidskrävande process.

Kräver komplext samarbete: Flera aktörer beskriver samarbetssvårigheter som ytterligare en barriär för återanvändning. Eftersom det krävs ett relativt omfattande projekt mellan många aktörer kommer samarbetet att bli komplext. Det beskrivs att samarbeten mellan olika aktörer brukar dra ut på tiden. Främst på grund av att det är svårt att koordinera mellan olika avdelningar på företagen. Flera aktörer beskriver att på grund av det stora engagemanget som krävs är det svårt att övertyga organisationer att satsa. Flera aktörer beskriver att mycket av ansvaret kommer att hamna på återvinningsföretagen eftersom det är de som är källan för elmotorerna. Potentiella samarbeten som har introducerats i studien är mellan återvinningsföretagen och producenter av produkter med elmotorer, återvinningsföretag med producenter av elmotorer samt potentiella underleverantörer för dessa aktörer.

Barriärer med en omogen marknad: En barriär med att komma in i en ny marknad är att lyckas locka rätt konsumenter och hitta rätt affärsmöjligheter. Aktörer beskriver att det är svårt att veta vad som konsumenterna kommer sätta för krav på produkterna. Det beskrivs att hela marknaden måste kartläggas och att det är svårt att övertyga företag att satsa (M Martinsson, 2020-04-29). Flera aktörer beskriver att ett omodernt regelverk beskrivs försvåra processen. Den uppmålas som en gråzon av olika definitioner och regler beroende på slutanvändningen av produkten.

Återvinning prioriteras före återanvändning: Något annat som nämns av flera aktörer är att direktiv och förordningar gynnar återvinning för återanvändning. Det svenska systemet är framtaget för att gynna material- och energiåtervinning över återanvändning (L Eriksson, 2020-03-02). Systemet som används, återvinningscentraler och återvinningsanläggningar prioriterar återvinning av materialen (L Claesson, 2020-04-29). Exempel på detta är att en stor del av avfallet behandlas bryskt och avfallet

kommer in med skador. Om direktiv och förordningar hade vinklats mer mot återanvändning hade avfallet troligtvis varit lättare att återanvända.

Svårt att anpassa elmotor för en ny produkt: Ytterligare en barriär är svårigheten att använda elmotorer i en annan produkt än den som den kom ifrån. Exempelvis är det omöjligt att använda en dammsugarmotor för en mixer (J Leffler, personlig kommunikation, 2020-03-24). Även om motorerna har liknande effekt och dimensioner så är det svårt. Flera aktörer beskriver att det främst är på grund av att mjukvara och kretskort anpassas efter produktspecifikationerna vilket försvårar återanvändningen av elmotorn i en annan produkt. Det gör att flödet av motorer som kommer till ÅVC kan vara för litet för att täcka hela produktionen. Många aktörer menar att det även finns svårigheter att blanda nya och äldre elmotorer vid produktion även om det är möjligt.

Kredibiliten på en återanvänd elmotor: Kredibiliten för en återanvänd elmotor ses också som ett hot. Det finns ett driv från producenterna att köpa produkter från företag som har ett starkt varumärke (F Sjöberg, personlig kommunikation, 2020-04-22). Återvinningsföretag som exempelvis Stena Recycling eller SIMS Recycling är inte ett varumärke som förknippas med elmotorer (M Martinsson, 2020-05-13). Detta ses som en barriär för att hitta intressenter som är villiga att satsa på återanvända elmotorer.

Barriär kopplade till produktion: Produktionssvårigheter ses som ett stort hot som nämndes i de flesta intervjuer. Aktörerna beskriver att produktionen av elmotorer främst sker utomlands. Svenska företag som säljer produkter innehållandes små elmotorer har generellt en underleverantör som sköter monteringen (J Ekbom, personlig kommunikation, 2020-04-24). I många fall är det dessa underleverantörer som väljer vilken elmotor produkten ska innehålla. Distributören har givetvis möjlighet att ställa krav men att det är flera aktörer inom produktionen kan ställa till med svårigheter för den här typen av samarbeten. Aktörerna beskriver att det kan leda till stora fraktkostnader om motorerna behöver fraktas tillbaka till exempelvis Kina. Flera elmotorsförsäljare beskriver att de flesta producenterna är globala, och således hamnar dessa produkter över hela världen. Produkter anpassas för krav beroende på vilket land de ska säljas till (M Sundin, 2020-04-29).

5.3 Flödeskartläggning

Till skillnad från de mer övergripande produkt- och marknadsaspekterna som presenterades i potentialbedömningen och marknadsanalysen besvarar flödesanalysen mer konkret på storleken av det faktiska elmotorsflödet. Flödeskartläggningen summerade mängden små elmotorer som kommer till ÅVC och kvantiteten upplagrade produkter. Detta besvarar **F3** och ger ett flödesunderlag till kommande projekt. Alla kategorier innehöll inte produkter med motorer vilket gjorde att några kategorier försvann från undersökningen. Leksaker valdes att förbises då eftersom flödet av produkter ansågs vara för varierande. Det var inte heller möjligt att särskilja elektroniska leksaker från ickeelektroniska. Många leksaker är dessutom små och billiga vilket även tyder på små och billiga motorer. De kategorier som innehöll små elmotorer var:

- Stora hushållsapparater.
- Små hushållsapparater.
- IT-utrustning
- Elektroniska verktyg och redskap
- Hemutrustning

Som det nämns i kapitel 4.5 Flödeskartläggning undersöktes konsumtionen för fyra år för att säkerställa att datan som resultatet bygger på var representativ. Den svenska konsumtionen för 2018 bedömdes representera ett normalår för alla kategorier och figurer över jämförelsen finns i bilaga 4. Resultatet baserades på Import, export och produktion för alla produkter och detta presenteras i bilaga 5. I bilaga 6 presenteras de KN-koder som ingick i de olika kategorierna. I Tabell 8 till 12 nedan presenteras kvantiteten elmotorer som kom till återvinningscentraler 2018 och hur stor upplagringen av produkten då var. Flödet motsvarar den förväntade mängden små elmotorer som kommer komma till återvinningscentraler de närmaste åren.

Tabell 8 beskriver livslängden, upplagringen och flödet av motorer till återvinningscentraler inom produktkategorin stora hushållsapparater. Det finns ytterligare produkter i denna kategori som innehåller elmotorer som inte lyckades kartläggas. Exempelvis AC-system och värmepumpar. Tabellen beskriver att torktumlare har minst antal motorer som kommer till återvinningscentraler samt att produktkategorin kylskåp har det största antalet. Kylskåp har flest motorer på grund av den stora konsumtionen samt att det finns flera elmotorer i en produkt. Ugnar och spisar har den största mängden av upplagrade produkter, men de innefattar generellt bara en elmotor vilket gör att mängden motorer som kommer till ÅVC i den produktkategorin inte blir den största. Motorerna i ugnar och spisar driver fläktar. Det innebär att dessa är ganska svaga, enkla och därmed billiga.

Tabell 8: Mängd upplagrade produkter och antal elmotorer som kommer till återvinningscentraler inom produktkategorin stora hushållsapparater.

Produkt	Livslängd [år]	Upplagrade produkter [st]	Motorer till ÅVC 2018 [st]
Kylskåp	15	4 946 462	443 444
Frysar	15	5 310 006	416 372
Diskmaskiner	7	7 797 412	356 691
Ugnar och spisar	10	9 570 750	345 075
Kyl- och frysskåp	15	5 331 194	305 736
Microvågsugnar	7	4 510 405	305 736
Tvättmaskiner	8	2 779 253	230 380
Elektriska fläktar	4	2 296 349	206 988
Torktumlare	8	953 680	42 981

Tabell 9 beskriver livslängden, upplagringen och flödet av motorer till återvinningscentraler inom produktkategorin små hushållsapparater. Det finns ytterligare produkter i denna kategori innehåller elmotorer som inte lyckades kartläggas. Dessa samlades i en övrigt kategori som motsvarade ungefär 15% av den totala kategorivikten. Det skulle till exempel kunna vara eltandborstar eller likande. Tabellen beskriver att det finns en stor mängd av elmotorer från rakapparater som kommer till återvinningscentraler. Den korta livslängden på rakapparater bidrar till det stora flödet då de konsumeras fort. Dammsugaren har i kontrast större upplagring men ett mindre flöde. Däremot har dammsugare ganska starka elmotorer som tros vara i bra kvalitet.

Tabell 9: *Mängd upplagrade produkter och antal elmotorer som kommer till återvinningscentraler inom produktkategorin små hushållsapparater.*

Produkt	Livslängd [år]	Upplagrade produkter [st]	Motorer till ÅVC 2018 [st]
Rakapparater	3	7 190 283	807 982
Dammsugare	6	8 486 829	476 838
Hårtorkar	4	4 570 579	462 242
Mixrar	5	4 600 490	310 178
Kaffe- & tebryggare ¹	7	5 694 268	247 015
Symaskiner	8	465 574	19 619

Tabell 10 beskriver livslängden, upplagringen och flödet av motorer till återvinningscentraler inom produktkategorin IT. Det finns olika typer av elmotorer i datorer. Här antogs datorerna ha två elmotorer var som främst används till fläktar. Det finns ytterligare produkter i denna kategori innehåller elmotorer som inte lyckades kartläggas. Dessa är kopieringsmaskiner, skrivare och scanners.

Tabell 10: *Mängd upplagrade produkter och antal elmotorer som kommer till återvinningscentraler inom produktkategorin IT.*

Produkt	Livslängd [år]	Upplagrade produkter [st]	Motorer till ÅVC 2018 [st]
Bärbar dator	5	8 538 000	2 470 222
Stationär dator	4	5 014 180	2 335 855

Tabell 11 beskriver livslängden, upplagringen och flödet av motorer till återvinningscentraler inom produktkategorin elektroniska verktyg och redskap. Produktkategorin verktygsmaskiner antogs ha en livslängd på 5 år och väga 4 kg. Gräsklipparna som redovisas är en samling av olika typer av gräsklippare och det var inte möjligt att särskilja robotgräsklippare från andra typer av elektriska gräsklippare i den produktkategorin. Intressant för denna kategori är att det blir allt vanligare att borstlösa motorer används, främst inom handverktyg som skruvdragare och liknande.

Tabell 11: *Mängd upplagrade produkter och antal elmotorer som kommer till återvinningscentraler inom produktkategorin elektroniska verktyg och redskap.*

Produkt	Livslängd [år]	Upplagrade produkter [st]	Motorer till ÅVC 2018 [st]
Skruvdragare	5	9 232 653	670 388
Gräsklippare	10	1 383 333	200 889
Verktygsmaskiner	5	2 493 750	181 073
Häcksaxar	5	902 044	65 498

Tabell 12 beskriver livslängden, upplagringen och flödet av motorer till återvinningscentraler inom produktkategorin hemutrustning. Det finns flera elmotorer i en videospelskonsol vilket ökar

¹ Kaffe och tebryggare var en svårdefinierad kategori. De flesta tebryggare innehåller ingen motor och många kaffemaskiner innehåller mer än en. Resultatet är därför troligtvis i överkant.

kvantiteten märkbart. Dessa motorer är dock billiga och ses således inte ses som ett troligt alternativ för återanvändning.

Tabell 12: *Mängd upplagrade produkter och antal elmotorer som kommer till återvinningscentraler inom produktkategorin hemutrustning.*

Produkt	Livslängd [år]	Upplagrade produkter [st]	Motorer till ÅVC 2018 [st]
Videospelskonsoler	5	1 216 000	693 757

Sammanfattningvis visar resultatet av flödeskartläggningen att det finns ett stort flöde av elmotorer i många produkter. Stora och små hushållsapparater har generellt fler produkter med större flöden och hemutrustning och IT-utrustning mindre flöden. Det finns en stor variation i pris på elmotorer för de olika produkterna där de dyraste elmotorerna främst finns i vitvaror samt mer komplexa produkter som gräsklippare. Livslängden för dessa produkter är även generellt lägre, speciellt i jämförelse med små hushållsapparater. I nästa kapitel följer en beskrivning av fem produkter mer djupgående, där potentialen för återanvändning sammanfogas med resultatet från potentialbedömningen.

5.4 Produktkartläggning

Utifrån potentialkriterierna och flödeskartläggningen kunde fem produkter väljas för ytterligare potentialgranskning. Dessa uppfyller många eller alla av de viktigaste kriterierna i hög grad. De produkter som undersöktes var:

- Dammsugare
- Skruvdragare
- Diskmaskin
- Matmixer
- Robotgräsklippare

En utvärdering över de i vilken grad de olika produkterna uppfyllde potentialen presenteras i Tabell 13. En övergripande utvärdering för alla produkter finns i bilaga 5. Som det syns har de olika produkterna något annorlunda förutsättningar där skruvdragare initialt var den produkt med högst potential.

Tabell 13: Potentialbedömning av de valda produkterna. Resultatet är färgkodat, där grön färg indikerar på hög potential, gul färg indikerar på mellan potential samt röd färg indikerar låg potential.

Produkt	Motorpris	Demontering	Kvantitet	Kvalitet
Dammsugare				
Skruvdragare				
Diskmaskin				
Mixer				
Gräsklippare				

5.4.1 Dammsugare

Dammsugare har valts att undersökas mer djupgående då kvantitet av dammsugare till avfall är stor samt att elmotorn som används är relativt dyr. I intervjuer med aktörer inom dammsugarbranschen beskrivs det även att elmotorerna inte anses begränsa dammsugarens livslängd. Det nämns att det finns en trend på marknaden mot större konsumtion av just trådlösa dammsugare. De innehåller litiumjonsbatterier som måste demonteras från dammsugaren [Sveriges Riksdag, 2008]. Eftersom batterierna måste demonteras så minskar tiden det tar att demontera ut motorn.

Elmotor

Producenterna av dammsugare beskriver att det inte finns någon specifik typ av elmotor som används. Generellt går det dock att säga att det finns få dammsugare med borstlösa elmotorer, även om producenterna ser en ökad trend av borstlösa elmotorer.

Producenterna beskriver att motorn inte anpassas efter dammsugaren. Vid val av elmotor undersöker producenter möjliga motorer från olika tillverkare som uppfyller de kravspecifikationer som produkten ska uppfylla (J Leffler, personlig kommunikation, 2020-03-25). Det tyder på att det finns motorer från flera olika modeller som kan passa in i samma dammsugare.

Livslängd

Det är inte elmotorn som begränsar dammsugarens livslängd (J Leffler, personlig kommunikation, 2020-03-25). Dammsugartillverkare arbetar för att konsumentköplagen ska gälla för deras produkter, men generellt brukar produkterna minst ha en livslängd på 6 år. Vidare beskrivs det att elmotorerna har 80-90% av deras livslängd kvar vid kasseringen av dammsugare (J Leffler, personlig kommunikation, 2020-03-25), vilket stämmer väl överens med litteraturen [Klausner et al., 1998].

Pris

Marknadspriset att köpa in en elmotor styckvis för en dammsugare kostar cirka 70 SEK för en DC motor med borste [Alibaba, 2020h] och cirka 175 SEK för en borstlös [Alibaba, 2020c].

Priset på elmotorn anses inte vara direkt avgörande för priset på dammsugaren då mer komplexa detaljer och design kan vara mer avgörande. (J Leffler, personlig kommunikation, 2020-03-25).

Kvantitet och upplagring

I Tabell 14 presenteras flödet av dammsugare som lämnades på återvinningscentraler 2018 och hur stor upplagringen är. Upplagringen baseras på att en dammsugare har en livslängd på 6 år och enligt metoden som beskrivs i kapitel 4.6 Produktkartläggning.

Tabell 14: Flöde och upplagrade dammsugare 2018

Antal dammsugare till ÅVC	Antal upplagrade dammsugare
665 253	7 876 971

Tabellen visar att det finns en stor mängd dammsugare som lagras i svenska hem. För framtiden innebär det att det kommer finnas många tillgängliga dammsugare med elmotorer som skulle kunna återanvändas.

5.4.2 Skruvdragare

Från flödeskartläggningen går det att urskilja att det finns ett stort flöde av skruvdragare som kommer till återvinningscentraler. Personalen på Stena Recycling beskriver att skruvdragare kommer in i relativt gott skick där elmotorn inte har levt ut dess livslängd. Något bekräftas av en produktchef på Ryobi. Elmotorerna som används i skruvdragare kan vara relativt dyra beroende på vilken kvalitet det är på skruvdragare. Personalen på Stena beskriver att det finns en trend där borstlösa elmotorer används för professionellt bruk och att borstade elmotor används i skruvdragare för privat bruk. Det blir däremot vanligare med borstlösa motorer i skruvdragare som används för privat bruk.

Elmotor

Elmotorer i skruvdragare är oftast enklare DC-motorer. Borstlösa elmotorer finns främst i professionella skruvdragaren när det sätts större krav från hantverkare på god kvalitet och längre driftstid. Det beskrivs att det går att byta ut borstarna på de borstade elmotorer när de går sönder, men det krävs då en viss teknisk expertis och är sällan ekonomiskt försvarsbart. Skruvdragares livslängd är inte heller beroende av elmotorn då andra komponenter oftast går sönder innan. Ryobi beskriver att det är möjligt att återanvända elmotorer från deras produkter i nya produkter men att det troligtvis inte är ekonomiskt försvarsbart att göra det i nuläget.

Ryobis produktchef beskriver att de väljer elmotor genom CAE (computer-Aided Engineering) för att simulera lasterna och kraven på elmotorn. Efter detta steg skickar de ut olika produktkrav som tillverkare ska kunna uppfylla. Sedan utvecklas en prototyp-produkt där de undersöker simuleringarna på riktiga skruvdragare.

Livslängd

Det finns en stor variation i livslängd mellan olika typer av skruvdragare där de som är framtagna för professionellt bruk har en längre driftstid. Skruvdragare för privat bruk upplevs inte maximera driftstiden under livslängden (A Brolin, personlig kommunikation, 2020-02-11). Det upplevs att konsumenter främst slänger skruvdragare eftersom batteriet har tagit slut eller att de inte är nöjda med sin produkt men det saknas tillgänglig statistik som kan styrka det antagandet. Naturvårdsverket uppskattar skruvdragarens livslängd till cirka 5 år [Hemström et al., 2012].

Pris

På Alibaba kostar en elmotor för en skruvdragare cirka 10-20 SEK om den har en borste [Alibaba, 2020g] och 50-80 SEK om den är borstlös [Alibaba, 2020f] Enligt sprängskisser verkar inte elmotorns pris ha en stor påverkan på priset för en skruvdragare. Andra komponenter som batteri, ergonomiska handtag indikerar däremot en stor påverkan på priset.

Kvantitet och upplagring

I Tabell 15 presenteras flödet av skruvdragare som lämnades på återvinningscentraler 2018 och hur stor upplagringen är. Upplagringen baseras på att en skruvdragare har en livslängd på 5 år.

Tabell 15: Flöde och upplagrade skruvdragare 2018

Antal skruvdragare till ÅVC	Antal upplagrade skruvdragare
670 388	9 232 653

Den långa livslängden gör att det finns en stor del upplagrade skruvdragare. Det innebär att det med stor sannolikhet kommer att komma ett stabilt flöde av skruvdragare till återvinningscentraler i

framtiden.

5.4.3 Matmixer

Matmixers är en relativt bred produktkategori, med exempelvis hushållsassistenten, stavmixers, blenders, små köksmaskiner etc. Matmixers har valts att undersökas mer djupgående eftersom det finns en stor kvantitet av elmotorer och att elmotorerna tros ha ett bra skick när produkten kasseras. I olikhet med andra undersökta produkter används generellt inte borstlösa elmotorer till vanliga mixers. Däremot kan dyrare produkter som hushållsassistenten kan innehålla borstlösa (F Sjöberg, personlig kommunikation, 2020-03-27)

Elmotor

Motorerna inom matmixers som produktkategori skiljer sig mycket från övriga undersökta produkter. Främst är det en stor variation inom produktgruppen vilket gjorde det problematiskt att undersöka bara en motor. Motorerna är dessutom generellt mindre komplexa än i de övriga produkter som undersökts vilket leder till att de inte har lika högt pris. Det upplevs inte krävas lika avancerade motorer, i jämförelse med exempelvis de andra valde produkterna, för mixers att kunna uppfylla behovet från konsumenterna.

Elmotorerna tas fram genom ett samarbete med leverantörerna men mixern anpassas mer efter elmotorn än tvärtom. Det finns produktspecifikationer som mixern ska kunna uppnå och de väljer motorer efter de kraven.

Livslängd

Huvudprioriteten är att produkten ska uppfylla konsumentköplagen men mixers har generellt en teknisk livslängd på 5-10 år. Det finns generellt ingen statistik över livslängd på produkterna, men driftstiden är lägre (25-100h) än i jämförelse med andra undersökta produkter för denna studie (F Sjöberg, personlig kommunikation, 2020-03-27). Naturvårdsverket uppskattar livslängden till cirka 5 år för mixers. [Hemström et al., 2012].

Pris

Att köpa motorn som en reservdel till exempelvis Electrolux 7 Blender skulle kosta cirka 450 kronor, samtidigt som elmotorn i Electrolux PerfectMix inte går att köpa som privatperson. På alibaba går det att köpa en borstad blendermotor för cirka 70 SEK [Alibaba, 2020e] och för en stavmixer 20 SEK [Alibaba, 2020a].

Kvantitet och upplagring

I Tabell 16 presenteras flödet av matmixrar som lämnades på återvinningscentraler 2018 och hur stor upplagringen är. Upplagringen baseras på att en matmixer har en livslängd på 5 år.

Tabell 16: Flöde och upplagrade mixers 2018

Antal mixers till ÅVC	Antal mixers upplagrade i svenska hem
100 142	4 600 490

5.4.4 Diskmaskiner

Det var intressant att undersöka diskmaskiners återanvändningspotential då motorn ser annorlunda ut jämfört med de andra produkterna då det finns två pumpar. Dessa pumpar är i förhållande till

vad övriga elmotorer kostar dyra och har andra specificerade krav som till exempel att de ska vara vattentäta. Dessutom behöver motorerna kunna utstå en intensiv körning.

Elmotor

Enligt en utvecklingschef för en svensk tillverkare av vitvaror finns det fyra elmotorer i en diskmaskin. En cirkulationspump, en avloppspump och två fläktmotorer som hanterar torkningen av disken. Cirkulationspumpen är den dyraste och avloppspumpen är näst dyrast. Motorerna väljs genom att de krav som kommer från produktspecifikationen ska uppfyllas. De utgår från de arbetspunkter som behövs, det vill säga vilket mottryck och vilket flöde som krävs. Det upplevs vara svårt att använda återanvända elmotorer till en diskmaskin då mjukvara och gränssnitt påverkar motorn och är unika. Det används både borstade och borstlösa elmotorer till diskmaskiner men de borstade används i en mycket större utsträckning. Respondenten beskriver att trenden sägs vara mot att borstlösa motorer börjar användas mer.

Livslängd

Produktchefen för en vitvarutillverkare beskriver att livslängden för deras diskmaskiner är 10 år, där maskinen beräknas genomgå 280 cyklar varje år. De har även ett premium-segment med längre livslängd runt ungefär 20 år. De ser att elmotorerna sällan är den komponenten som först går sönder i deras produkter, vilket tyder på att det finns en outnyttjad livslängd kvar i elmotorerna.

Pris

En cirkulationspump kostar cirka 600 SEK [Alibaba, 2020d], en avloppspump kostar cirka 240 SEK [Alibaba, 2020b]. Att köpa en ny cirkulationspump på Electroluxs reservdelshemsida kostar ungefär 1200 SEK. I likhet med andra produkter är det viktigt att poängtera att spridningen på kvaliteten mellan olika diskmaskiner kan urskilja sig kraftigt och detta blir bara en fingervisning av vad en genomsnittlig diskmaskinsmotor skulle kosta.

Kvantitet och upplagring

I Tabell 17 presenteras flödet av diskmaskiner som lämnades på återvinningscentraler 2018 och hur stor upplagringen är. Upplagringen baseras på att en diskmaskin har en livslängd på 7 år [Hemström et al., 2012].

Tabell 17: Flöde och upplagrade diskmaskiner 2018

Antal diskmaskiner till ÄVC	Antal upplagrade diskmaskiner
43 011	685 031

5.4.5 Robotgräsklippare

Flera aktörer beskriver att det kan finnas en framtida stor potential i robotgräsklippare. Framst på grund av att det är dyra och borstlösa elmotorer i roboten, men även på grund av att marknaden växer [ebm papst, 2015].

Elmotor

Husqvarnas robotgräsklippare använder enbart borstlösa elmotorer (H Holmgren, personlig kommunikation, 2020-04-20). I deras robotgräsklippare finns det en elmotor för klippsystemet, en för höjdjustering, hjulmotorer samt några mindre elmotorer som inte är lika mycket värda. De dyraste av motorerna är hjulmotorerna. De arbetar med prestandakrav genom att simulering av laster och krav. Holmgren tror att återanvändning av motorerna för klippsystemet och höjdjusteringen är möjlig men

att höjdjusteringsmotorn har mindre potential på grund av dess låga värde. Ett problem med återanvändningen är att motorerna är anpassade för exakt just den gräsklipparen genom mjukvara och kretskort med mera. Om elmotorn byts ut så måste även mjukvara och kretskort uppdateras. Hjulmotorerna är svåra att byta ut eftersom de är fastkopplade med en växellåta som även den då måste bytas ut. Holmgren beskriver att borstlösa elmotorer används då slitaget skulle bli för stort på en borstad motor i och med att robotens alla start och stopp.

Livslängd

Husqvarnas robotgräsklippare är konstruerade för att hålla 10 år, med en drifttid på 10 000h (Holmgren, personlig kommunikation, 2020-04-20). Vidare beskrivs det att växellådan är det första som vanligtvis går sönder. Motorerna upplevs ha en längre livslängd än den garanterade livslängden för robotgräsklipparen.

Pris

Det går att köpa olika reservdelar till en robotgräsklippare på olika reservdelshemsidor. En motor till klippningssystemet kostar 1090 SEK [GPL, 2020a], höjdjusteringsmotor för 927 SEK [GPL, 2020b] och hjulmotorer 2060 SEK [Liljekvists, 2020]. Det finns tyvärr inga elmotorer från direkta återförsäljare tillgängliga på alibaba, så det går inte att jämföra reservdelspriset mot att köpa in elmotorn som producent.

5.4.6 Sammanfattning produktkartläggning

Generellt går det att se att det används eller finns en trend mot ökad användning i alla produkter förutom mixers. Produkterna har en liknande livslängd där producenterna beskriver det som att elmotorerna inte utnyttjas till fullo. Det beskrivs som det skulle kunna gå att nyttja elmotorerna i ännu en livscykel men att det bör göras kvalitetstester för att säkerställa kvaliteten. Generellt beskrivs det av aktörerna att borstlösa elmotorer har en större potential, eftersom de har längre livslängd och drifttid än borstade elmotorer.

Priset varierar stort mellan de olika produkterna, där robotgräsklipparen och diskmaskinen är ett något dyrare än de andra produkterna i elmotorspris. Elmotorerna har ett högre värde som reservdel än om de hade återanvänts direkt i en ny produkt.

6 Diskussion

Syftet med examensarbetet var att undersöka potential, drivkrafter och hinder för återanvändning av elmotorer i uttjänta produkter i Sverige. Detta skulle leda till att utmaningar identifierades och att den framtida kunskapsutvecklingen inom området kunde vägledas. Det skulle också leda till att behov av förändringar i rådande marknadsvillkor skulle identifieras. De olika stegen som genomförts har bidragit till detta och den följande diskussionen reder ut vad dessa fynd betyder för marknaden och potentialen.

6.1 Resultat

Då det inte fanns något tidigare arbete med likadant syfte och forskningsfrågor behövde metoden byggas upp inspirerad av andra liknande arbeten. Till exempel gjorde Sakao & Sundin (2018) en utredning om förutsättningar kring återtillverkning med hjälp av intervjuer. Hemström et al. (2012) och Kalmykova et al. (2015) gjorde avfallsflödeskartläggningar med hjälp av KN-koder. Den stora skillnaden mot tidigare projekt är att dessa bearbetar återanvändning som ämne medans detta examensarbetet fördjupas mot en produkt med hjälp av den kunskapen. Då detta inte gjorts för små elmotorer innan behövde de viktigaste kunskapsluckorna identifieras. De identifierades att vara de olika delar som besvarades med forskningsfrågorna. Det ledde till ny kunskap kring återanvändning av små elmotorer.

Först sammanställdes de kriterier som avgjorde potentialen för återanvändning. Dessa kriterier antas vara representativa för vad det faktiskt är som gör att någon produkt har större potential än en annan. Då de intervjuade gav liknande svar, som dessutom går hand i hand med litteraturen anses det finnas en hög trovärdighet i det som presenteras. De kriterier som togs fram ger därför ett underlag för avgöra vilken potential olika produktströmmar har i framtida återanvändningsprojekt.

Marknadsanalysen baseras på flera olika aktörers svar och ses som en bild av marknadssituationen för elmotorer. Givetvis kan det skilja sig mellan olika företag och aktörer som inte har intervjuats. Hade andra respondenter valts för intervju hade möjligtvis andra fynd identifieras. Trots det gav intervjuerna en bred bild över de möjligheter och barriärer som finns. Då resultatet bygger på intervjuer är det också en risk att de inte utförts på bästa möjliga sätt. Utifrån Creswell (2013) studerades intervjuteknik för att risken skulle vara så liten som möjligt. De barriärer marknadsanalysen mynnade ut i bör ses som vad olika aktörer behöver förbättra för att möjliggöra återanvändning. Detsamma gäller möjligheterna som identifierades. Dessa bör ses som något företag måste utnyttja vid kommande arbete.

Flödeskartläggningen bidrar med ny kunskap om hur stora flöden av vilka elektroniska produkter som når återvinningscentraler. På så vis kunde även de elmotorer som kommer till återvinningscentraler kartläggas. Det är ett flöde som inte tidigare varit känt och kan användas som bakgrund till återanvändningsarbete för små elmotorer. Att känna till flödet av elmotorer ger inte bara en bild över hur nuläget ser ut utan också en överblick över hur det kommer se ut i framtiden. Marknaden för elektroniska produkter ändras snabbt och att ha denna kunskap är viktigt för framtida återanvändningsarbeten.

Flödeskartläggningen ger inte bara olika aktörer en bild av hur flödet ser ut och i vilka produkter motorerna sitter i. Uppdelningen av produkter ger även företag som handlar elektroniskt avfall möjlighet att få en bild över hur det ser ut. Då de är medvetna om mängden avfall som de har köpt kan de själva enkelt omvandla siffrorna i denna rapport så de anpassas till deras verksamhet. Då storleken på flödet kommer vara avgörande för möjligheterna till återanvändning ges en möjlighet att veta om

det är tillräckligt stort för att de ska satsa på återanvändning. Flödeskartläggningen fyller inte heller bara upp kunskapsluckor för små elmotorer. Övriga saker relaterat till flödet för de produkter som presenteras kan ge värdefulla insikter för andra återvinnings- eller återanvändningsprojekt.

Flödeskartläggningens systemgräns var Sverige och den konsumtion som finns inom Sveriges gränser. Elektroniskt avfall importeras till återvinningsanläggningar, bland annat från Danmark. Hur det importerade avfallet är uppdelat har inte undersökts. Troligtvis är det likt det svenska avfallet. Danmark är ett land som liknar Sverige i mycket, ekonomiskt såväl som socialt. Både BNP per capita och hushållens faktiska individuella konsumtion per capita är nästan identiska mellan de olika länderna [SCB, 2019]. Antagandet att avfallet som kommer från Danmark är samma som det från Sverige bygger också på att det är samma typ av avfall som importeras. Det är något som de återvinningsanläggningar som arbetar med detta har kunskap om. Om det är vanligt hushållsavfall som det från Sverige går det förmodligen att utgå från att flödet av motorer liknar det svenska. Resultatet från flödeskartläggningen borde därför kunna tillämpas för att beräkna hur mycket elmotorer som kommer via de utländska avfallsflödena. Resultatet skulle även kunna användas för att undersöka andra nationers avfallsflöden på ett liknande angreppssätt som för denna studie.

Något som inte kan förklaras är hur stora skillnader det är på mängden produkter som konsumeras och mängden produkter som går till avfall. Det kom ungefär 7000 ton avfall av produkter inom kategorin små hushållsapparater samtidigt som konsumtionen nästan var 21 000 ton. Detta är siffror som liknar de Hemström et al. (2012) kom fram till för konsumtionen år 2010 vilket tyder på att dessa siffror är korrekta. Även om det är uppenbart att fler produkter köps än slängs vid en ökad konsumtionen, ökad befolkning och så vidare, borde inte skillnaderna vara så stora som de är. Vad det beror på är svårt att säga. Då El-Kretsen statistik kommer från noggran plockanalys tros den vara korrekt. Som det visas i Figur 2 försvinner produkter på annat sätt än till ÅVC. Det skulle kunna vara ett stort flöde av produkter som lämnas tillbaka och omhändertas av företag. Alternativt att konsumenter av elektroniska produkter slänger elektronik i vanligt hushållsavfall. Då uppdelningen av produkter baseras på konsumtionen borde inte dessa skillnader bidra till några större felaktigheter i den beräknade mängden elmotorer till ÅVC.

Det finns produkter med elmotorer som faller utanför KN-koderna. Till exempel noterades en stor mängd elektriska tandborstar som hade kommit till återvinningsanläggningen som besöktes i samband med examensarbetet. Tandborstar kunde inte lokaliseras i SCBs statistik. Det skulle kunna bero på att de tillhör någon annan kategori av produkter eller helt enkelt ha en förklaring som inte uppfattades. Som det syns i bilaga 6 så var namnen och förklaringarna ibland svårbegripliga. Detta kan ha lett till att ytterligare produkter kan ha försvunnit eller hamnat fel i sorteringen. Det anses vara en liten risk att detta ska ha en påverkan på resultatet. Hemström et al. (2012) har använts som referensfall och trots att vissa koder har ändrats sedan de utförde sin kartläggning ser både resultatet och uppdelningen liknande ut.

Resultatet från produktkartläggningen ger en utökad kunskap kring de produkter som ansågs ha bäst potential. Den visar att det finns en stora skillnader på potentialen mellan produkterna och för framtida studier bör flera produkter undersökas. Andra produkter som har beskrivits av aktörerna med en stor potential är exempelvis elcyklar, elektriska sparkcyklar, alternativt andra vitvaror som kylskåp eller tvättmaskiner. Vissa produkter hade stora flöden av motorer men låg potential på grund av andra kriterier. Detta är till exempel stationära datorer. De motorerna är främst fläktmotorer som är för billiga för att återanvändning ska vara intressant i nuläget.

Då det inte var möjligt att testa motorerna finns det osäkerheter kring kvaliteten. En elmotor tros enligt

litteraturen vara av såpass bra kvalitet för att kunna användas igen [Klausner et al., 1998, Rassölkin et al., 2018]. Denna uppfattning delas av vad som sagts av de olika aktörerna under intervjuerna. Det första steget för framtida projekt måste ändå vara att säkerställa att så är fallet. Då detta är det mest fundamentala för att återanvändningen ska vara möjligt måste det alltså undersökas. Flödet av motorer är oviktigt om det visar sig att de inte är av tillräckligt hög kvalitet.

6.2 Marknadsanalys

Syftet med examensarbetet var att undersöka vilka drivkrafter och hinder som påverkar återanvändning av små elmotorer. Detta för att kunna vägleda det kommande återanvändningsarbetet. I detta delkapitel diskuteras de identifierade drivkrafterna och hindrena. Det mynnar ut i att marknaden analyseras och olika möjligheter uppmärksammas.

Standardiseringen av elmotorer ses som en viktig drivkraft för återanvändning. Som det beskrivs i kapitel 5.2 Marknadsanalys finns en trend att elmotorer börjar bli mer standardiserade (Wyatt, personlig kommunikation, 2020-05-13). Detta leder till en stabil produktteknik och processteknik som är en grundförutsättningen för återanvändning [Matsumoto et al., 2016]. Ett standardiserat arbete kring elmotorer skulle kunna leda till att det blir enklare att demontera, kvalitetesta och kvalitetssäkra. Det skulle också kunna leda till att en motor skulle kunna användas i en annan produkt. I nuläget finns det stora osäkerheter om det är möjligt. Det gör att kvantiteten motorer skulle kunna vara otillräcklig. Trots att det är stora flöden av motorer som kommer till ÅVC varje år så kan det krävas att bara en modell samlas in. Det gör att sorteringen tar längre tid och att processen blir mer kostsam. En standardisering skulle alltså kunna lösa problemen som i nuläget finns angående kvantitet.

En annan drivkraft som identifierades är möjligheten att återanvända elmotorerna som reservdelar. Det innebär att gamla motorer används för att ersätta trasiga elmotorer i en produkt. Enligt konsumentköplagen måste en försäljare laga eller ersätta en trasig produkt i minst 6 månader. Efter det erbjuder många försäljare möjligheten för konsumenter att själva köpa reservdelar om någon komponent har gått sönder. Det leder till att företag måste ha gamla delar på lager. Det kan också leda till att de måste producera nya motorer av en gammal sort, vilket kan vara kostsamt om deras elmotorsproducenter då måste ställa om sin produktion. Reservdelsmarknaden skulle också kunna innebära att många av de barriärer som annars finns skulle försvinna. Aktörerna beskriver att kvaliteten och kvantiteten elmotorer som kommer till ÅVC eventuellt inte är tillräckligt för att ersätta nya motorer i produktionen. Om de istället utnyttjas till reservdelsmarknaden verkar inte det vara något problem. Det ger även ett större ekonomiskt spelrum då reservdelar har ett högre marknadspris. Det finns osäkerheter i kvantiteten med reservdelar också. Det skulle göra att flödet inte är lika stort och att vinsten i driva denna typ av återanvändning inte är stor nog för att det ska vara värt att starta upp dessa projekt. Det skulle dock kunna motiveras av att det är en liknande process för olika produkter och att det då skulle röra sig om tillräckliga kvantiteter men det är svårt att garantera det. Reservdelsmarknaden upplevs att vara en bra möjlighet för att börja arbetet med återanvändning och inblandade aktörer rekommenderas att undersöka detta först.

En anonym respondent beskriver att återanvända elmotorer hade kunnat användas vid uthyrning av deras produkter. De har nyligen börjat undersöka möjligheten att leasa vitvaror på ett sätt som bilar idag hyrs ut. Eftersom företaget då står för reparationer och upprustning hade återanvända elmotorer enkelt kunnat användas för det ändamålet. Detta är en lösning som går i linje med reservdelsmarknaden och bör om möjligt utforskas parallellt.

Det finns ett intresse av återanvändning av elmotorer från aktörer från olika håll. Ett sätt att fånga detta

intresse är att introducera en plattform som underlättar för olika aktörer att samarbeta. Som Fraccascia & Yazan (2018) beskriver finns det många fördelar med att skapa ett informationssamarbete samtidigt som flera aktörer beskriver det som en potentiellt bidragande faktor för möjliggöra återanvändningen. Det beskrivs att det krävs information som andra aktörer besitter för att återanvändning ska vara möjligt. Ett exempel kan vara att ett demonterade företag skulle behöva veta produktnummer på motorer i olika produkter för att kunna samla in alla som är likadana. Samtidigt skulle de producerande företagen behöva veta hur stora flödena är och hur kvaliteten på dessa motorer är för att kunna planera sin produktion. Tillgängligheten på information är viktig och ju mer som finns desto enklare kommer det bli att genomföra återanvändning. Traditionellt finns det dock en motvillighet att dela information mellan företag, vilket generellt ses som ett hinder för återanvändning [Fraccascia & Yazan, 2018]. Branschen rekommenderas dock att dela med sig av information då detta kan komma gynna alla inblandade.

Det nämns också att produkter med återanvända elmotorer inte kan säljas utan att det redovisas. I slutändan ligger möjligheten att återanvända elmotorer då på vad konsumenterna tycker. Om de inte är beredda att köpa en produkt med redan använda komponenter kommer det inte vara möjligt att producera sådana. Detta kan leda till att en medvetenhet måste spridas bland människor. Ett viktigt steg i början av återanvändningsarbetet blir därför att motivera det för konsumenterna. Människors konsumtionsbeteende har också en stor påverkan på potentialen. Hur och varför varor slängs har en direkt påverkan på flödet. Det beskrivs att produkter ofta slängs tidigare och av andra anledningar än att produkten är trasig. Detta tyder på att motorn är av hög kvalitet men också att det krävs onödiga resurser för att producera en ny vara. Ekodesigndirektivet har som huvudmål att minska miljöpåverkan av produkten genom att kvaliteten och livslängden blir bättre och längre [Lofthouse & Prendeville, 2018]. Om produktens livscykel blir effektivare kan det leda till att motorn kommer till ÄVC i sämre skick än i dagsläget. Design- eller produkteffektivitet är något många producenter arbetar med. Komponenterna i produkten ska ha en relativt liknande livslängd, vilket står i motstridighet mot förutsättningarna för återanvändning [Matsumoto et al., 2016].

Ett hinder som identifierats är att återvinning systematiskt prioriteras före återanvändning i Sverige idag, något som också bekräftas av Zacho et al. (2018). Det beskrivs i de intervjuer som gjorts att återvinning traditionellt är sättet avfall hanteras på. Både Kissling et al. (2013) och Lundmark et al. (2009) beskriver att lagar och subventioner är ett av de största hindrena för återanvändning. Många aktörer menar på att det saknas direktiv som gynnar återanvändning och att det skulle behövas för att företag skulle satsa på det. Den nuvarande infrastrukturen, i form av institutionella, tekniska och organisatoriska aspekter påstås vara mer gynnsam för återvinning än återanvändning. Till exempel tros det vara svårt att arbeta med återanvändning i och med all märkning och kvalitetssäkring som skulle behöva utföras (CE, ekodesigndirektivet med mera). Även här tros reservdelsmarknaden underlätta arbetet. Det sätts inte lika hårda krav på certifiering om elmotorerna används som reservdelar (R. Jonsson, personlig kommunikation, 2020-04-28). Ett hot mot framtida arbete om återanvända elmotorer är energieffektiviseringskraven som nämns tidigare i rapporten. Utifrån EU-direktiv har Sveriges riksdag tagit fram energieffektiviseringskrav på elmotorer [Europeiska kommissionen, 2014]. Eftersom elmotorerna som återanvänds generellt är lite äldre kan det komma att hämma återanvändningen. En av aktörerna beskriver dock att kraven inte är tillräckligt hårda för att påverka små elmotorer den kommande tiden.

Bland de presenterade barriärerna och drivkrafter finns det några aspekter som behandlas mer frekvent i denna studie. De starkaste drivkrafterna är reservdelsmarknaden, standardiseringen av elmotorer samt det stora nuvarande flödet av elmotorer. Dessa anses ha störst påverkan för återanvändningen.

Standardiseringen påverkar hanteringen, där själva tekniska processen för återanvändning underlättas. Reservdelsmarknaden bidrar med ett alternativ som kan enklare kan leda till ekonomisk lönsamhet. En nuvarande drivkraft för återanvändning är att flödet av elmotorer är så stort som det är. De största barriärerna för återanvändning identifierades främst till det komplexa samarbetet, svårigheten med att anpassa elmotorer samt problematik kopplat till logistik. Det komplexa samarbetet kräver att aktörer finner varandra och kan initiera ett samarbete för återanvändning. Detta kräver resurser från olika aktörer vilket försvåras av att det inte är en säker investering för initiativtagarna. En annan tydlig barriär är svårigheten att återanvända elmotorer. Alla tillfrågade aktörer ser problem med att använda motorn någon annanstans än i den produkt den kom ifrån. Detta gör användningsområdet för elmotorerna relativt begränsat. Förhoppningsvis kan en standardisering leda till att elmotorerna får ett bredare användningsområde. En annan barriär som måste övervinnas är de problem som är relaterade till logistiken. Aktörerna beskriver att det är många olika flöden som måste koordineras och att det kan vara problematiskt.

Ett annat problem kan vara trovärdigheten som försäljare. En aktör spekulerade i att de troligtvis skulle tvivla på att köpa in sina motorer från någon annan än en elmotorsproducent. Det kan leda till att ytterligare en mellanhand måste blandas in i återanvändningen. För att komma runt det går det att skapa sidoföretag som bygger upp trovärdigheten. Bland annat Stena Recycling har gjort det genom ett företag som heter Retur AB. De har med certifieringar och utbildningar fått den trovärdighet som behövs för branschen. Det skulle kunna behövas även inför återanvändning av elmotorer. Det är dock svårt att säga om så är fallet men det kan vara värt att utreda inför att arbete med detta startar.

Sammanfattningsvis är detta ett brett område att undersöka. Många aktörer jobbar på olika sätt och har olika tankar om ämnet vilket gör marknaden individuell och något komplex. Ett svar som är rätt för någon kan vara fel för någon annan. Det stora flödet av motorer, den ökade användningen av borstlösa elmotorer och en eventuell standardisering leder trots allt till att det finns goda möjligheter att lyckas med återanvändning. Samtidigt kommer en reservdelsmarknad innebära att många barriärers påverkan blir mindre. Det skulle också ge ett större ekonomiskt spelrum. Det finns dock problem som måste lösas. Det är svårt att besvara på exakt vad som måste uppfyllas för att olika aktörer ska kunna arbeta med återanvändning. Beroende på vilken typ av produkt, skala och hur det ska genomföras kommer samarbeten att se annorlunda ut. Kraven mellan olika aktörer kommer se olika ut och måste specificeras i upptakten av dessa projekt. Några viktiga fynd att inför framtiden har dock identifierats:

- Motorerna måste uppfylla de krav och regleringar som beskrivs i kapitel 2.
- Troligtvis behöver en produkt sorteras ut där alla motorer är likadana.
- Samarbete mellan aktörer måste initieras där krav kvalitet, kvantitet, pris med mera specificeras mer i detalj.
- Då det finns flertal barriärer på olika håll måste alla aktörer vara intresserade av tillsammans lösa problemet. Troligtvis räcker det inte med att bara en aktör arbetar med återanvändningen. Många barriärer kan bara lösas av aktören som det gäller vilket skapar en flaskhals för återanvändningen. Aktörerna måste gå ihop och samarbeta för att kunna lösa barriärerna.

6.3 Potential för återanvändning

Potentialen för att återanvända små elmotorer beror på många olika faktorer. Resultaten från de olika stegen i detta examensarbete har kombinerats för att kunna ge en översiktlig bild över situationen. Om

de marknadsaspekter som diskuteras i kapitel 5.2 utnyttjas finns det stora möjligheter att återanvända elmotorer. En viktig förändring som troligtvis kommer vara avgörande för framtiden är trenden att fler borstlösa motorer kommer användas. Idag syns det att de blir allt vanligare i till exempel handverktyg för privatpersoner och de flesta av de intervjuade producenterna beskriver att de tror att borstlösa elmotorer kommer användas i större utsträckning i framtiden. De viktigaste kriterierna för en hög potential identifierades till motorpris, demonteringstid, kvantitet, kvalitet, tillgänglig information och en utvecklad produkt. En borstlös motor bidrar till att öka flera av dessa kriterier. En borstlös elmotor medför att motorpriset och kvaliteten kommer vara hög. Det tyder även på att produkten är utvecklad. Flera aktörers upplever att borstlösa elmotorer kommer ha ett sådant litet slitage att de potentiellt skulle kunna användas i flera produkters livscyklar. Detta går även i linje med litteraturen om borstlösa elmotorer som påpekar dess minimala slitage [Kirley Jr et al., 1998]. Då inte kvaliteten undersöktes i detta examensarbete är det svårt att säga exakt hur en borstad motor slits. Däremot tyder allting på att en borstlös motor har ett lågt slitage, vilket medför att de med säkerhet kan användas i ytterligare en produktcykel.

Potentialen ser olika ut beroende på vilken typ av marknad motorerna ska användas inom. I nuläget verkar det vara svårt att det ska ersätta nya motorer i produktionen. Det bedöms vara möjligt men kräver bra förutsättningar. Det finns frågetecken kring att kvantiteten ska vara stor, eller tillförlitlig nog. Även om det kommer stora flöden av motorer från olika produkter så kan det krävas att det är just en speciell modell som behöver utnyttjas. Då produktion ofta planeras långt i förväg kan det också vara att hinder att säkerställa mängden motorer som ska komma till ÅVC på sikt. Även om det går att beräkna och uppskatta vad som förväntas skulle det kunna vara svårt att garantera. Det skulle kunna leda till att producenter inte är beredda att satsa på detta. Som det nämns innan finns det istället stora möjligheter med elmotorer som reservdelar. Det skulle troligtvis höja priset och sänka kraven för kvantitet och kvalitet. Det skulle också troligtvis leda till att det finns mer tillgänglig information kring produkten, motorn, demontering och så vidare. Eftersom producenten redan använder motorn i deras produkter vet de allt om den.

Utifrån potentialkriterierna och flödeskartläggningen jämfördes fem olika produkter för att ge en utökad bild av återanvändningspotentialen. Produkterna baserade inte enbart på högsta potential, utan även av andra aspekter som beskrivs i metoden. Vissa produkter inkluderades för att få en bredd i jämförelsen. Valet gjordes dessutom innan produkterna undersöktes ytterligare. Det kan därför finnas andra produkter än de som ingick som också har hög återanvändningspotential. Produktkartläggningen mynnar ut i några slutsatser. Den viktigaste är att borstlösa elmotorer är viktiga för återanvändning. Den långa livslängden, höga verkningsgraden och dyra priset ger produkter med borstlös elmotor större potential. Detta leder till att produkter med borstade elmotorer, som mixers, inte har samma möjligheter. Mixers kan dock inte helt uteslutas då flödet av motorer är stort. Av de undersökta produkterna bedöms robotgräsklipparen vara mest intressant att undersöka i framtida studier. Anledningen till det är att de innehåller fyra stycken borstlösa elmotorer med ett högt pris. Att de har fyra motorer per produkt gör troligtvis även demonteringstiden kortare. Även diskmaskiner med dyra borstlösa motorer i dess pumpar är intressanta att undersöka för framtida studier. Speciellt då det finns ett stort flöde av diskmaskiner. Eftersom diskmaskiner och robotgräsklippare är dyra produkter finns det en etablerad reservdelsmarknad redan vilket höjer potentialen ytterligare då motorerna skulle kunna användas där. Det är något billigare produkter oftast saknar. En stavmixer är oftast billigare ny än vad det kostar att reperera den. Det försvårar för motorn att användas som reservdel, eftersom det inte är ekonomiskt lönsamt för en användare att köpa reservdelen.

Sammanfattnings ses en hög potential för återanvändning av elmotorer i olika produkter. För att förverkliga återanvändningen av elmotorer krävs det att företag tillsammans arbetar sig runt de barriärer som finns. Produkter med borstlösa motorer rekommenderas att undersökas först. Om möjlighet finns att börja arbeta med de produkterna med borstlösa elmotorer kommer det vara lättare att genomföra återanvändningen. En produkt som har hög potential är robotgräsklipparen och den bedöms vara intressant för framtida arbeten.

6.4 Metoddiskussion

Att frågeställningarna besvarades med intervjuer gjorde att det var viktigt att ha ett kritisk förhållningssätt till svaren. Det gjordes genom att se över likheter mellan olika aktörers svar och jämföra med litteraturen. Detta ansågs tillräckligt för att täcka upp så många aspekter som möjligt. För att marknadsanalysen skulle få ett så brett perspektiv som möjligt var utgångsläget att någon från varje inblandad aktör skulle intervjuas. Möjligheten att prata med storskaliga globala producenter av elmotorer fanns dock inte. Det hade gett även deras syn på återanvändning. Dessa producenter hade troligtvis bidragit med intressanta insikter och tankar. Det hade även varit intressant att prata med företag som i nuläget arbetar med återanvändning av andra produkter för att se hur de har övervunnit barriärerna som fanns då. Detta perspektiv kompletterades med en aktör som har arbetat med återanvändningsprojekt för andra produkter. Trots det anses mängden intervjuer och bredden av aktörer som tillfrågades ge en representativ bild över mognadsgraden på återanvändningsmarknaden.

En begränsning med marknadsanalysen är att den främst analyserar marknaden utifrån det svenska perspektivet. Producenterna beskriver i intervjuerna att de tillverkar produkter för global användning och således samlas inte alla dessa elmotorer på svenska återvinningscentraler. Det var svårt att täcka in det globala perspektivet och det hade bidragit till intressanta fynd om det hade gjorts.

Resultatet som presenterats i flödeskartläggningen är teoretiskt och bygger på antaganden. Det bygger även på att statistiken från SCB har hanterats korrekt och att företag har rapporterat in sina produkter på rätt sätt. Detta kan inte garanteras och resultatet av flödeskartläggningen kan således inte heller garanteras. Att utföra en plockanalys med undersökning av det faktiska avfallet hade verifierat flödeskartläggningen och upptäckt brister i sättet statistiken samlades in eller hanterades på. Det hade gett insikter över vad avfallet faktiskt innehåller. En plockanalys hade även inkluderat alla flöden som inte beräknades, som avfallsexport, privatimport och stölder. Det hade inte bara verifierat denna studie, utan även de projekt som har gjort liknande kartläggningar innan då dessa också bara är utförda från statistik och KN-koder. Att enbart utföra en plockanalys hade också gett stora osäkerheter. Det är svårt att täcka in årstidsvariationer när projektet är tidsbegränsat. Det är dessutom svårt att veta om mängden avfall som undersökts var tillräckligt stort för att resultatet ska vara representativt. Det hade därför varit bäst att använda båda metoderna. Om bara en metod ska användas och projektet har en begränsad tidsram är dock den indirekta analysen, som var den som gjordes, bättre [Brunner & Ernst, 1986]. Ett viktigt bidrag från plockanalysen hade varit att den faktiska vikten på de olika produkten hade kunnat mätas. Produktvikten avgör hur många produkter och motorer som beräknas komma till återvinningscentraler. Om det skiljer sig från de verkliga produkterna kommer även mängden elmotorer göra det. Till exempel skulle ungefär 75 000 färre motorer komma till ÅVC om de hade vägt 6,3kg istället för 5,3kg. Detta tros vara den mest känsliga parametern i flödeskartläggningen. Produkterna som kommer till ÅVC ser inte ut som de gör idag i och med den tekniska utvecklingen. Den generella trenden för elektroniska produkter är att de utvecklas mot att väga mindre. Det gör att resultatet av flödeskartläggningen troligtvis är i överkant.

Som det beskrivs togs ingen hänsyn till den privatimport som sker via handel av utländska företag. Dels var det inte möjligt och dels beskrivs det vara försumbara flöden. Detta var dock från en studie som var gjord 2012. De senaste åren har internethandeln ökat mycket, från 31,6 mdkr 2012 till 77 mdkr 2018 [PostNord, 2018]. Det gör att flödet kanske påverkas mer i nuläget än vad det gjordes då. Detta gäller dock bara inflödet av produkter, det vill säga konsumtionen. Mängden avfall är densamma även om en stor påverkan skulle kunna leda till att uppdelningen ser något annorlunda ut. Gissningsvis är privatimporten dock uppdelad som övrig svensk konsumtion, vilket gör att detta inte påverkar resultatet.

Produktkartläggningens resultat är baserat på intervjuer med enbart en producent inom den produktkategorin. Det kan leda till att ett annat företag än det som har intervjuats inte har samma förutsättningar. Deras produkt skulle kunna vara uppbyggt på ett annat sätt vilket hade kunnat göra att resultatet hade sett annorlunda ut. En annan aspekt som begränsade produktkartläggningen är antalet valda undersökta produkter. Det finns med stor sannolikhet ytterligare produkter som har en stor potential för återanvändning. En metod som övervägdes för att säkerställa att de produkter med högst potential skulle användas var multikriterieanalys. Anledningen till varför det inte implementerades var att det ansågs ligga utanför syftet, tidsramen för projektet samt de olika forskningsfrågorna. Det är dock relevant att undersöka detta för framtiden.

6.5 Avslutande reflektion

Även om det finns osäkerheter och barriärer kopplade till återanvändning ses framtiden som positiv. Det är främst övergången till borstlösa motorer och övergången till en potentiell standardisering som ses som katalysatorer för att återanvändning ska komma igång. Reservdelsmarknaden ses som extra intressant att undersöka. Många av de barriärer som är kopplade till återanvändning saknas eller är enklare att överkomma om det är just reservdelar som motorerna ska användas som. Som det nämns tidigare krävs det att ett intresse att jobba med återanvändning finns överallt. Förmodligen kan inte en aktör lösa detta själv utan det kommer krävas att flera aktörer tillsammans kommer fram till en lösning. Det är också viktigt att företag inser miljönyttan i detta. En intressant aspekt som saknas från intervjuerna är att det är få aktörer som beskriver miljönyttan med att återanvända elmotorer. Miljönyttan beskrivs inte heller ha någon påverkan på potentialen för återanvändning av elmotorer i potentialbedömningen. Det är stort fokus på de ekonomiska för- och nackdelarna, men de miljömässiga aspekterna, som exempelvis minskad energianvändning och materialutvinning tas inte upp. Även om en motor kan kännas liten och betydelselös så blir det snabbt stora mängder material som går åt. Detta helt i onödan om det visar sig att det fungerar att använda motorer igen. Det kanske krävs direktiv och bidrag från myndighetshåll för att det ska vara ekonomiskt lönsamt. Det kommer troligtvis inte heller hända av sig själv och kan kanske bli ett resultat av olika projekt, lobbyism och informationsspridning.

Resultatet i denna studie grundar sig att återanvända elmotorer är av tillräckligt bra kvalitet för att kunna användas igen. Det hade varit värdefullt att ta reda på detta men bedömdes inte vara möjligt. Den gemensamma synen experter, forskare, företag och litteratur har på kvaliteten är att motorn troligtvis är i tillräckligt bra skick efter en produktcykel. Speciellt när det gäller borstlösa motorer. Detta har använts som resonemang för att föra diskussionen framåt, men för framtida arbeten bör det dock säkerställas att så verkligen är fallet. Det hade också varit intressant att undersöka möjligheterna att integrera en motor i en annan produkt än den som den kom från. Många aktörer nämnde att det fanns stora svårigheter med att göra det. Skulle det lösas skulle potentialen för återanvändning bli mycket högre och de problem som är kopplade till kvantitet skulle troligtvis försvinna.

Elektroniskt avfall kommer till återvinningsanläggningar i öppna burar som är fyllda till bredden. Vid besök på en återvinningsanläggning noterades det att dessa burar ofta innehöll produkter i sämre skick än vad de förmodligen varit när de slängts. Produkterna var krossade, leriga och smutsiga. Det är svårt att säga hur det påverkar motorerna i produkterna men det finns en risk att avfallshanteringen i nuläget försämrar kvaliteten på de komponenter som fortfarande är i bra skick. Om en ömtålig produkt hamnar längst ned i en bur med tungt avfall kommer den troligtvis att skadas. Detta var ett problem i Norge när ett projekt för återanvändning kring skärmar påbörjades (M Martinsson, personlig kommunikation, 2020-03-27). För att lösa det började återvinningscentralerna med separat insamling för dessa skärmar. Sådana åtgärder är praktiskt möjlig att genomföra även i Sverige och skulle kunna underlätta återanvändning.

Det är viktigt att ta med sig att detta examensarbete bara är början på mycket jobb som behöver göras för att möjliggöra återanvändning av små elmotorer. Denna rapport bidrar med grundläggande kunskaper om vad olika aktörer ser för möjligheter och barriärer och en flödesbeskrivning av små elmotorer i Sverige. Det är härifrån företag och aktörer måste fortsätta arbetet. Grunderna är nu lagda och bollen är i rullning.

7 Slutsatser

Syftet med examensarbetet är att undersöka potential, drivkrafter och hinder för återanvändning av elmotorer i uttjänta produkter i Sverige. För att förverkliga detta har olika bidragande aspekter identifierats. De centrala drivkrafterna för återanvändning av elmotorer anses vara den pågående standardiseringen av elmotorer, etableringen av elmotorer på reservdelsmarknaden för tillverkare samt det nuvarande stora flödet av elmotorer. Att borstlösa motorer blir allt vanligare ses också som något som kommer öka möjligheterna avsevärt. De centrala hinder för återanvändningen av elmotorer anses vara det komplexa samarbetet som krävs mellan olika aktörer, tekniska svårigheter med att anpassa elmotorerna till en ny produkt samt problematik kopplat till logistik och hanteringen av elmotorerna.

För att uppfylla studiens syfte utformades examensarbetet kring tre forskningsfrågor som besvaras nedan:

F1 - Vad avgör vilken återanvändningspotential elmotorer har?

Genom att undersöka litteratur om återanvändning samt genom intervjuer med aktörer som arbetar med elmotorer har sex kriterier som anses ha den största påverkan för återanvändningspotential tagits fram. Motorpriset påverkar lönsamheten vid försäljningen av elmotorer. Det krävs en hög kvantitet av elmotorer för att göra återanvändning kommersiellt möjlig. Kvaliteten på elmotor vid demontering bör vara god för att möjliggöra användning i ytterligare en livscykel. Det krävs lättillgänglig information som kan delas för att underlätta hanteringen av elmotorerna mellan aktörerna. Det krävs att produkten är väletablerad på marknaden, då en stabil produkt- och processteknik ger goda förutsättningar för återanvändning. Om en produkt utvecklas snabbt kan det leda till att elmotorn blir utdaterad.

F2 - Vilka möjligheter och vilka hinder finns för återanvändning av små elmotorer?

Genom intervjuer av flertalet olika aktörer identifierades de viktigaste möjligheter och barriärerna som finns för att återanvända små elmotorer. De möjligheter som har identifierats är att det finns ett stort flöde av elmotorer, intresse från olika branscher, möjligheter med att en ny marknad skapas, institutionella drivkrafter, att elmotorer börjar standardiseras, att använda elmotorer som reservdelar samt att det finns en möjlighet att utveckla insamlingssystemt. Barriärer som har identifierats är problem kopplat till logistiken av elmotorer, kvalitetsspridning på elmotorer, att det krävs ett komplext samarbete mellan olika aktörer, den omogna marknaden, att återvinning gynnas över återanvändning i direktiv och förordningar, svårigheter med att anpassa elmotorn i en ny produkt samt barriärer kopplade till produktionen. Borstlösa elmotorer har identifierats att ha en större potential för återanvändning kontra borstade elmotorer och det finns en trend att de blir vanligare i produkter.

F3 - I vilka produkter och i vilken kvantitet slängs elmotorer i Sverige?

Genom en flödesanalys kartlades flödena av små elmotorer i Sverige. Flödeskartläggningen visar att det finns ett stort flöde av elmotorer där antalet i kategorin små hushållsapparater är störst. De produkterna med de största kvantiteterna av elmotorer är i ordning, stationära samt bärbara datorer, rakapparater, skruvdragare, videospelskonsoler. Alla flöden presenteras i detalj Kapitel 5.3 Flödeskartläggning.

Sammanfattningsvis ses en hög potential för återanvändning av elmotorer. För att förverkliga detta krävs det att företag utnyttjar de möjligheter som presenteras samt arbetar runt de barriärer som påverkar återanvändning. Om möjligt bör aktörerna undersöka möjligheterna att återanvända borstlösa elmotorer och etablera dessa elmotorer på en reservdelsmarknad.

Framtida studier

Utifrån examensarbetets resultat och de insikter som hämtats under förloppet har att antal områden som är intressanta för vidare studier identifierats.

- **Kvalitetstesta motorerna i avfall** - För att återanvändning ska vara möjligt krävs det att motorerna håller de kvalitetskrav som köparna ställer. Tester för att säkerställa det är alltså nödvändiga att genomföra
- **Skapa en demonteringsanalys** - I samband med kvalitetstesten utför en demonteringsanalys för att par utvalda produkter, exempelvis de fem som lyfts fram i produktkartläggningen för denna studie.
- **Plockanalys** - För att få mer kunskap kring flödet av elmotorer kan en plockanalys av elektronsikt avfall göras. Detta skulle kunna göras isolerat för en enskild produkt av intresse eller för hela flödet. Det skulle bidra med en exakthet över mängden motorer som kommer till ÅVC.
- **Utökade ekonomiska beräkningar** - Många kostnader inkluderades inte studien. För att få en bättre bild över återanvändningens ekonomiska förutsättningar skulle dessa behöva undersökas och inkluderas. Detta bör även kompletteras med ett uppdaterat marknadsvärde av motorerna.
- **Andra typer av elmotorer** - Det finns andra typer av elmotorer än de som undersökts i denna studie. Till exempel inom bilinudstrin. Samma förutsättningar borde gälla dem motorerna och det finns ett värde i att undersöka återanvändningsmöjligheten för dessa.
- **Undersöka reservdelsmarknaden** - Flera aktörer har beskrivit att det finns en avsaknad på hur stor efterfrågan är på reservdelar. En framtida studie skulle kunna undersöka reservdelar för att se vilka reservdelar som är mest lönsamma och vilka komponenter som har en stor efterfrågan.
- **Utvärdera priset för en återanvänd elmotor** - Något som inte har beräknats i denna studie är priset för återanvända elmotorer. En framtida studie skulle kunna jämföra priset på hanteringen av en återanvänd elmotor för att sedan jämföra denna direkt med en nyproducerad elmotor.

References

- [Alibaba, 2020a] Alibaba (2020a). 220v/230v dc 700w hand blender motor rs-7512. https://www.alibaba.com/product-detail/220V-230V-DC-700W-Hand-Blender_60746397873.html?spm=a2700.7724857.normalList.52.3aa43959VqQXsN.
- [Alibaba, 2020b] Alibaba (2020b). Bldc mini 24v intelligent dishwasher drain pump. https://www.alibaba.com/product-detail/BLDC-mini-24v-intelligent-dishwasher-drain_60658423594.html?spm=a2700.7724857.normalList.2.74c649cckwJqko&bypass=true.
- [Alibaba, 2020c] Alibaba (2020c). Brushless vacuum cleaner motor. https://www.alibaba.com/product-detail/Vacuum-Cleaner-Motor_1968153373.html?spm=a2700.7724857.normalList.22.408d569efHx43t&s=p.
- [Alibaba, 2020d] Alibaba (2020d). Dishwasher machine 24v dc centrifugal pump. https://www.alibaba.com/product-detail/BLDC-mini-24v-intelligent-dishwasher-drain_60658423594.html?spm=a2700.7724857.normalList.2.74c649cckwJqko&bypass=true.
- [Alibaba, 2020e] Alibaba (2020e). Electric mixer motor blender juicer blender motor. https://www.alibaba.com/product-detail/Drip-proof-68w-60hz-Electric-Mixer_62514396324.html?spm=a2700.7724857.normalList.2.112f1b88U8V5j3&s=p&bypass=true.
- [Alibaba, 2020f] Alibaba (2020f). Electric screwdriver brushless dc motor. https://www.alibaba.com/product-detail/TEC3640-24v-Dc-Electric-Brushless-Motor_62166617174.html?spm=a2700.7724857.normalList.23.2edc73d7PzaJCe&s=p&bypass=true.
- [Alibaba, 2020g] Alibaba (2020g). Electric screwdriver motor. https://www.alibaba.com/product-detail/12v-Electric-Motors-for-Drill-Screwdriver_62256041103.html?spm=a2700.7724857.normalList.2.21ce3fc4cfC2qy&s=p&bypass=true.
- [Alibaba, 2020h] Alibaba (2020h). Vacuum cleaner motor. https://www.alibaba.com/product-detail/BLDC-6652-12-Vacuum-Cleaner-Brushless_62171736322.html?spm=a2700.7724857.normalList.1.1b8c55e0FEF062&s=p&bypass=true.
- [Avfall Sverige, 2018] Avfall Sverige (2018). *Svensk Avfallshantering 2018*. Technical report.
- [Baldé et al., 2017] Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). *The Global E-waste Monitor 2017 - Quantities, Flows, and Resources*. Technical report, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU), International Solid Waste Association (ISWA) & Bonn/Geneva/Vienna.
- [Brunner & Ernst, 1986] Brunner, P. & Ernst, W. (1986). Alternative methods for the analysis of municipal solid waste. *Waste Management Research - WASTE MANAGE RES*, 4, 147–160.
- [Brunner & Rechberger, 2004] Brunner, P. & Rechberger, H. (2004). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*, volume 9.
- [Bundgaard, 2016] Bundgaard, A. (2016). *Ecodesign for a Circular Economy: Regulating and Designing Electrical and Electronic Equipment*. PhD thesis.
- [ebm papst, 2015] ebm papst (2015). ebm-papst och tango e5 ser till att robotgräsklippningen går som en dans. <https://www.ebmpapst.se/sv/nyheter/>

- ebm-papst-och-Tango-E5-ser-till-att-robotgr%C3%A4sklippningen-g%C3%A5r-som-en-dans.
- [Eisenhardt & Graebner, 2007] Eisenhardt, K. & Graebner, M. (2007). Theory building from cases: Opportunities and challenges. *The Academy of Management Journal*, 50, 25–32.
- [El-kretsen, 2018] El-kretsen (2018). *Mot slutna Kretslopp – utmaningar och möjligheter på vägen mot cirkulär elektronik. Hållbarhetsredovisning 2018*. Technical report.
- [EU, 2008] EU (2008). Europaparlamentets och rådets förordning (eg) nr 765/2008 av den 9 juli 2008 om krav för ackreditering och marknadskontroll i samband med saluföring av produkter och upphävande av förordning (eeg) nr 339/93. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=celex%3A32008R0765>.
- [EU, 2012] EU (2012). Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/19/eu av den 4 juli 2012 om avfall som utgörs av eller innehåller elektrisk och elektronisk utrustning (weee). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=EN>.
- [EU, 2015] EU (2015). *A Longer Lifetime for Products: Benefits for Consumers and Companies*. Technical report.
- [EU, 2019a] EU (2019a). Europeiska kemikaliemyndigheten (echa) – hur eu reglerar kemikalier. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=LEGISSUM%3A121282>.
- [EU, 2019b] EU (2019b). Waste electrical electronic equipment (weee). https://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm/.
- [EU, 2019c] EU (2019c). Waste electrical and electronic equipment categories.
- [EU, 2020] EU (2020). restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment directive. https://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/pdf/faq.pdf.
- [Europeiska kommissionen, 2014] Europeiska kommissionen (2014). *Guidelines accompanying Commission Regulations (EC) No 640/2009 of 22 July 2009 implementing directive 2005/32/EC with regard to ecodesign requirements for electric motors and No 4/2014 of 6 January 2014 amending Regulation (EC) No 640/2009*. Technical report.
- [Fraccascia & Yazan, 2018] Fraccascia, L. & Yazan, D. M. (2018). The role of online information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis networks. *Resources, Conservation Recycling*, (136), 473 – 485.
- [Gaidajis et al., 2010] Gaidajis, G., Angelakoglou, K., & Aktsoğlu, D. (2010). E-waste: Environmental problems and current management. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 3.
- [Go et al., 2012] Go, T., Wahab, D., Rahman, M., Ramli, R., & Hussain, A. (2012). Genetically optimised disassembly sequence for automotive component reuse. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5409 – 5417.
- [Goodenough et al., 2017] Goodenough, K., Wall, F., & Merriman, D. (2017). The rare earth elements: Demand, global resources, and challenges for resourcing future generations. *Natural Resources Research*.

- [GPL, 2020a] GPL (2020a). Motor assy. <https://www.gplshop.se/husqvarna-automower-reservdelar/reservdelar-husqvarna-automower-420/husqvarna-automower-420-2016/klippmotor.php>.
- [GPL, 2020b] GPL (2020b). Motor assy height motor. <https://www.gplshop.se/husqvarna-automower-reservdelar/reservdelar-husqvarna-automower-420/husqvarna-automower-420-2016/motor-klipphojdsjustering.php>.
- [Hemström et al., 2012] Hemström, K., Åsa Stenmarck, Sörme, L., & Carlsson, A. (2012). *Kartläggning av flöden och upplagrade mängder av elektriska och elektroniska produkter i Sverige*. Technical report.
- [Huang et al., 2010] Huang, X., Ma, X., & Wu, F. (2010). Recycling investigation on household electrical appliances in china. *2010 WASE International Conference on Information Engineering, Information Engineering (ICIE), 2010 WASE International Conference on*, 2, 339 – 344.
- [Ijomah & Chiodo, 2010] Ijomah, W. & Chiodo, J. (2010). Application of active disassembly to extend profitable remanufacturing in small electrical and electronic products. *International Journal of Sustainable Engineering*, 3(4), 246–257.
- [Ijomah & Danis, 2019] Ijomah, W. & Danis, M. (2019). *Chapter 9 - Refurbishment and reuse of waste electrical and electronic equipment*. Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials. Woodhead Publishing, second edition edition.
- [Kalmykova et al., 2015] Kalmykova, Y., Patrício, J., Rosado, L., & Berg, P. (2015). Out with the old, out with the new – the effect of transitions in tvs and monitors technology on consumption and weee generation in sweden 1996–2014. *Waste Management*, 29.
- [Kemikalieinspektionen, 2015] Kemikalieinspektionen (2015). Kort om elektronikreglerna - rohs. <https://www.kemi.se/lagar-och-regler/ytterligare-eu-regler/elektrisk-och-elektronisk-utrustning-rohs/kort-om-elektronikreglerna>.
- [Kim, 2017] Kim, S.-H. (2017). *Electric Motor Control - DC, AC and BLDC Motors*. Elsevier.
- [Kirley Jr et al., 1998] Kirley Jr, J., Beaty, W., Ghai, N., Leeb, S., & Lyon, R. (1998). *Electric Motor Handbook*. the McGraw-Hill Companies.
- [Kissling et al., 2013] Kissling, R., Coughlan, D., Fitzpatrick, C., Böni, H., Luepschen, C., Andrew, S., & Dickenson, J. (2013). Success factors and barriers in re-use of electrical and electronic equipment. *Resources, Conservation and Recycling*, 80, 21–31.
- [Klausner et al., 1998] Klausner, M., Grim, W. M., & Hendrickson, C. (1998). Reuse of electric motors in consumer products. *Journal of Industrial Ecology*.
- [Kosmol, 2019] Kosmol, L. (2019). Sharing is caring - information and knowledge in industrial symbiosis: A systematic review. In *2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI)*, volume 01 (pp. 21–30).
- [Kurilova-Palisaitiene & Sundin, 2013] Kurilova-Palisaitiene, J. & Sundin, E. (2013). Remanufacturing: Challenges and opportunities to be lean.

- [Liljekvists, 2020] Liljekvists (2020). Husqvarna hjulmotor - automower® 400/500-serie 320/330x (2015). https://www.liljekvists.com/hjulmotor-klippmotor/husqvarna-hjulmotor--automower-400500-s__27291.
- [Lofthouse & Prendeville, 2018] Lofthouse, V. & Prendeville, S. (2018). Human-centred design of products and services for the circular economy – a review. *The Design Journal*, 21(4), 451–476.
- [Lombardi & Laybourn, 2012] Lombardi, D. R. & Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 28 – 37.
- [Lundmark et al., 2009] Lundmark, P., Sundin, E., & Björkman, M. (2009). Industrial challenges within the remanufacturing system. In *Proceedings of the 3rd Swedish Production Symposium, Stockholm, Sweden* (pp. 132–138).
- [Majr et al., 2018] Majr, A., Weigelt, M., Masusch, M., Adrion, M., Bauer, A., Wirsinger, K., & Franke, J. (2018). *Applied mechanics and Materials*, 882. <https://www.scientific.net/AMM.882.64.pdf>.
- [Matsumoto et al., 2016] Matsumoto, M., Yang, S., Martinsen, K., & Kainuma, Y. (2016). Trends and research challenges in remanufacturing. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3, 129–142.
- [Matuščík & Kočí, 2019] Matuščík, J. & Kočí, V. (2019). Environmental impact of personal consumption from life cycle perspective – a czech republic case study. *Science of The Total Environment*, 646.
- [Messmann et al., 2018] Messmann, L., Boldoczki, S., Thorenz, A., & Tuma, A. (2018). Potentials of preparation for reuse: A case study at collection points in the german state of bavaria. *Journal of Cleaner Production*, 211.
- [Naturvårdsverket, 2019] Naturvårdsverket (2019). Lagar och regler om avfall. <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avfall/Lagar-och-regler-om-avfall/>.
- [Neto et al., 2017] Neto, G. C. d. O., Correia, A. d. J. C., & Michelotti Schroeder, A. (2017). Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in brazil and switzerland. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 42 – 55.
- [Parker et al., 2015] Parker, D., Riley, K., Robinson, S., Symington, H., Tewson, J., Jansson, K., Ramkumar, S., & Peck, D. (2015). *Remanufacturing Market Study*. Technical report.
- [PostNord, 2018] PostNord (2018). *e-barometern 2018 ÅRSRAPPORT*. Technical report.
- [Rassõlkin et al., 2018] Rassõlkin, A., Kallaste, A., Orlova, S., Gevorkov, L., Vaimann, T., & Belahcen, A. (2018). Re-use and recycling of different electrical machines. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 55.
- [Riksdagen, 2016] Riksdagen, S. (2016). Lag 2016:1067 om skatt på kemikalier i viss användning. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20161067-om-skatt-pa-kemikalier-i-viss_sfs-2016-1067.
- [Ruigrok et al., 2008] Ruigrok, W., Wicki, B., & Gibbert, M. (2008). What passes as a rigorous case study? <http://www.alexandria.unisg.ch/Publikationen/53678>, 29.
- [Saidur, 2010] Saidur, R. (2010). A review on electrical motors energy use and energy savings. 14.

- [Sakao & Sundin, 2018] Sakao, T. & Sundin, E. (2018). How to Improve Remanufacturing? — A Systematic Analysis of Practices and Theories. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 141(2). 021004.
- [Sandy & Dumay, 2011] Sandy, Q. Q. & Dumay, J. (2011). The qualitative research interview. *Qualitative Research in Accounting Management*, 8(3), 238 – 264.
- [SCB, 2019] SCB (2019). Köpkraftspariteter 2016-2018. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/priser-och-konsumtion/kopkraftspariteter/kopkraftspariteter-ppp/pong/statistiknyhet/kopkraftspariteter-2016-2018/>.
- [SMED, 2016] SMED (2016). *Avfall i Sverige 2016*. Technical report.
- [Soh et al., 2014] Soh, S., Ong, S., & Nee, A. (2014). Design for disassembly for remanufacturing: Methodology and technology. *Procedia CIRP*, 15, 407 – 412. 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering.
- [Sundin, 2004] Sundin, E. (2004). Product and process design for successful remanufacturing.
- [Sundin & Lee, 2012] Sundin, E. & Lee, H. M. (2012). In what way is remanufacturing good for the environment? In M. Matsumoto, Y. Umeda, K. Masui, & S. Fukushige (Eds.), *Design for Innovative Value Towards a Sustainable Society* (pp. 552–557). Dordrecht: Springer Netherlands.
- [SvenskElektronik, 2019] SvenskElektronik (2019). Översikt - direktiv och regler. <https://www.svenskelektronik.se/juridik-kvalite/lagar-regler/oversikt-direktiv-och-regler/>.
- [Sveriges Riksdag, 2008] Sveriges Riksdag (2008). Förordning av (2008:34) om producentansvar för batterier.
- [Sveriges Riksdag, 2011] Sveriges Riksdag (2011). Lag (2011:791) om ackreditering och teknisk kontroll. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningsamling/lag-2011791-om-ackreditering-och-teknisk_sfs-2011-791.
- [Sörme & Brolinson, 2010] Sörme, L. & Brolinson, H. (2010). Pvc-golv och metodik för varuflöden. https://www.chemitecs.se/download/18.4a08c3cb1291c3aa80e8000411/1350484089848/ChEmiTecs_P4-D3a_SCB_100615.pdf.
- [Tost et al., 2018] Tost, M., Bayer, B., Hitch, M., Lutter, S., Moser, P., & Feiel, S. (2018). Metal mining's environmental pressures: A review and updated estimates on co2 emissions, water use, and land requirements. *Sustainability*, 10.
- [Truttmann & Rechberger, 2006] Truttmann, N. & Rechberger, H. (2006). Contribution to resource conservation by reuse of electrical and electronic household appliances. *Resources, Conservation and Recycling*, 48(3), 249 – 262.
- [Wilts et al., 2017] Wilts, H., Bahn-Walkowiak, B., & Hoogeveen, Y. (2017). *Waste prevention in Europe — policies, status and trends in reuse in 2017*. Technical report.
- [Ylä-Mella et al., 2014] Ylä-Mella, J., Poikela, K., Lehtinen, U., Tanskanen, P., Román, E., Keiski, R., & Pongrácz, E. (2014). Overview of the weee directive and its implementation in the nordic countries: National realisations and best practices. *Journal of Waste Management*, 2014, ID 457372.

- [Zacho et al., 2018] Zacho, K. O., Bundgaard, A. M., & Mosgaard, M. A. (2018). Constraints and opportunities for integrating preparation for reuse in the danish weee management system. *Resources, Conservation and Recycling*, 138, 13 – 23.

Bilaga

Bilaga 1: Frågorna som ställdes för att ta reda på vad olika aktörer trodde avgjorde potentialen återanvändning.

- Vad krävs av en motor för att den ska kunna användas igen?
- Vad avgör kvaliteten på en motor?
- Hur slits motorn under en livscykel?
- Vad är det viktigaste förutsättningarna olika motorer borde ha för att återanvändning ska vara möjlig?
- Arbetar ni med detta med någon annan produkt och vad har i sådana fall varit drivande för att det ska ha varit möjligt.

Bilaga 2: Frågorna som ställdes för att ta reda på de olika aktörernas kunskaper kring vad elmotorn har för möjligheter och svårigheter för att återanvändas.

Dessa frågor ställdes för att få reda på hur producenter väljer sin elmotor och förutsättningarna runt att börja återanvända motorn

- Vad har ni för elmotorer i er produkt?
- Hur väljer ni motor till er produkt?
- Måste ni ha exakt samma elmotor i samma produkt? (Om det går att blanda till exempel olika återvunna elmotorer eller om det krävs att det är exakt samma motor)
- Vad har ni för krav på era leverantörer av elmotorer? (Tekniska krav, Drifttider, lagar, sociala krav)
- Finns det några lagar ni måste förhålla er till gällande era elmotorer? Vilka? Vad gäller att förhålla sig till?
- Hur svårt är det att anpassa motorn för er produkt? (Möjlighet att använda en annan motor utan förändring eller om det skulle behövas att planera om produktionen och designen)
- Hur lång livstid har produkten och motorn?
- Vilket skick brukar vanligtvis motorn vara i när produkten slängs?
- Vad begränsar produktens livslängd?
- Hur går produktionen till och vart sker den? (I vilket land, vilka är inblandade, hur påverkar det och så vidare)
- Vilken typ av produkt tror ni är bäst lämpad för att kunna återanvändas?
- Hur har elmotorer har förändrats över tiden och hur har era krav förändrats med tiden?
- Är en motor som är 10 år gammal möjlig att använda i en ny produkt?

Dessa frågor ställdes för att ta reda på de olika producenterna och försäljarnas kunskaper kring de marknadsmässiga aspekterna av återanvändning

- Vad tror du krävs för att ställa om till återanvända elmotorer som används i ert sortiment? (Av andra aktörer, av de själva, av kunder med mera)
- Vad är era tankar om ekonomin? (Hur mycket billigare behöver den återanvända motorn vara och liknande)
- Tror du att det skulle vara möjligt att ha återanvända elmotorer som reservdelar till befintliga produkter?
- Kan man använda återanvända elmotorer/delar i en vanlig produkt utan att berätta det när produkten säljs?
- Vad kräver ni av leveranser i form av kvantiteter. Hur säker behöver leveransen vara?
- Måste mängden elmotorer motsvara produktionsmängden eller är det möjligt att använda en del gamla motorer och en del nya?

- Vad för behov tror ni behöver mättas för att återanvända elmotorer ska kunna ta en plats på marknaden? (Av andra aktörer)
- Använder ni någon typ av cirkulär affärsmodell, på något produkt eller på något plan? (Om ja, följdfrågor för hur det har gått till och om det kan användas mot elmotorer)
- Vad skulle krävas av en elmotor för att ni skulle köpa de återanvända?
- Hur tror ni att era kunder skulle reagera på att ni använder återanvända elmotorer?
- Vad behöver ni för information av andra aktörer för att ni skulle känna att ni skulle kunna satsa på det här?
- Vad skulle ni kunna ge ut för information för att underlätta för dem?
- Vad finns det för drivkrafter för återanvändning? (Finns det några lagar eller direktiv som skyndar på arbetet? Vad skulle behövas?)
- Vad finns det för hinder för att detta ska kunna vara möjligt?

Dessa frågor ställdes för att ta reda på de på aktörer inom återvinning och återanvändnings kunskaper kring de marknadsmässiga aspekterna av återanvändning.

- Hur upprättades andra, liknande återanvändningsprojekt?
- Vad var initiativen för att de skulle påbörjas?
- Vilka var de de största möjligheterna/nackdelarna, hindrena och svårigheterna och hur tacklade ni dem?
- Hur brukar samarbete med företag gå till vid sådana här projekt?
- Vad skulle ni behöva få (i form av information, kunskap och så vidare) av andra aktörer (tillverkare, återförsäljare, etc) för att kunna satsa på återanvändning?
- Vad kan ni göra för att underlätta för producenter?
- Hur har ni arbetat på tidigare projekt? Var började ni, hur gick det till? (Första steget, andra steget, hela processen)
- Hur ser flödet av produkten eller komponenten ut? Vilka aktörer är inblandade (Tex Konsument -> ÅVC/Elkretsen -> Stena -> Tillverkare av motor -> Producenter av produkter -> Konsument)
- Om ett företag är intresserade av detta, hur går ni tillväga för att möta dem?
- Vad kan olika aktörer göra för att underlätta ert arbete?
- Vad finns det för policys / styrmedel? Hur påverkar de denna typ av arbete och vad behövs i form av detta?

Bilaga 3: här redovisas sammanställningen av de intervjuer som genomfördes för marknadsanalysen.

Ansvariga för återvinningscentraler

Lotta Claesson - Stockholm Vatten & Avfall

Claesson arbetar som teknisk utredare på Stockholm Vatten & Avfall och har expertis om återvinningstationer, hur de sorteras och kategoriseras. Claesson beskriver att El-Kretsen har monopol om återvinningstationer och hur avfallet ska sorteras. Om exempelvis någon av de undersökta produkterna i denna studie skulle kunna sorteras enskilt så är det upp till El-Kretsen att bestämma det. Claesson beskriver att återvinningstationerna börjar röra sig mot mer separata kategorier och tar upp ett exempel med sorteringen av olika typer av batterier. Nya produkter behöver nya hanteringssätt, och farligt avfall behöver sorteras för att inte skada produkterna och minska utsläpp av farliga ämnen. Detta innebär att det finns möjlighet till separata produktinsamlingar på återvinningstationer men att det enbart är El-Kretsen som kan bestämma det.

Företag som arbetar med återvinning

Marcus Martinsson - Stena Recycling

Martinsson arbetar med affärsutveckling på Stena Recycling och beskriver hur de genomför återanvändningssamarbeten med andra aktörer. Han beskriver att det oftast är en komplicerad start på samarbeten, där initiativet för en uppstart är svår att generalisera. Samarbeten mellan aktörerna involverar stora delar av organisationerna, där exempelvis marknadsavdelningen, inköpsavdelningen, produktionsavdelningen med mera måste koordinera. Eftersom det kräver att många branscher arbetar tillsammans tar ofta återanvändningssamarbeten lång tid och sträcker sig över flera år. Han beskriver vidare att samarbetsutformningen använder en horisontell projektbeskrivning, vilket gör processen mer långdragen än vad den skulle kunna vara. Martinsson beskriver att större plattformar som föredrag och föreläsningar används som en arena för att väcka tankar och idéer. Han upplever det dock fortfarande svårt att väcka intresse för kommersiella samarbeten hos olika aktörer.

Det finns olika lagkrav på hur avfall hanteras beroende på om det ska användas till återbruk eller till återanvändning. Det kan innebära att olika lagkrav beroende på hur avfallet hanteras, vilket kan påverka den framtida användningen av återanvända elmotorer. De oklara förutsättningarna och reglerna sägs eventuellt försvåra arbetet. Han poängterar även att kredibiliteten från en kunds synvinkel påverkar potentialen för elmotorerna. Martinsson beskriver vidare att re-labeling är något som norska staten har gjort för att sälja äldre vitvaror för att rundgå eventuella juridiska problem. Det skulle kunna vara ett sätt för att underlätta återanvända elmotorers introduktion till marknaden. Att ha ett stark varumärke skapar en större trovärdighet för produkten.

Martinsson beskriver att i Norge är situationen på återvinningsmarknaden annorlunda. I Sverige har el-kretsen monopol på allt material på återvinningscentraler, men i Norge finns det fem större aktörer. Dialogen mellan materialbolagen och återvinningsföretagen är mer givande, p.g.a konkurrensen, vilket gör att Stena kan sätta mer krav på sorteringen och kategoriseringen av avfallet. Mognare marknader har standarder, vilket försvårar flexibiliteten av att introducera en produkt i en ny marknad.

För att gynna återanvändning mer beskriver Martinsson att det behövs striktare direktiv från en högre nivå, exempelvis EU eller från Sveriges regering, på hanteringen av elektroniska produkter. Direktiven behöver främst vara riktade mot konsumenter och producenter.

Svårigheter med att stiga in i en ny marknad är att övertyga organisationer att satsa. Man behöver

kartlägga marknaden och få in systemperspektiv så att allt går rätt till. Det är ett omodernt regelverk på nya marknader, vilket gör det svårt att veta exakt vilka lagar som gäller. Drivkrafter är att återbruk inte tävlar med vanliga produkter, eftersom det inte är samma konsumenter som blir påverkade. Tekniska innovationer som gynnar kvaliteten och livslängd på produkter kommer öka potentialen för återbruk.

Louise Eriksson - Stena Recycling

Eriksson arbetar med att undersöka design för att gynna cirkulär ekonomi. Hon beskriver att andra nationer har kommit längre än Sverige. Exempelvis i Nederländerna gynnas affärer med cirkulär ekonomi i fokus i offentliga upphandlingar, vilket har gynnat organisationer som arbetar med cirkulär affärsmodeller och de har en större genomslagskraft.

Producenter av produkter som har elmotorer

Jens Leffler - Electrolux

Leffler arbetar för ett företag som producerar olika typ av hushållsapparater, där respondenten själv arbetar på utvecklingen av dammsugare. De arbetar i ett projekt i samarbete med Stena Recycling, "Circular Initiative", som i nuläget försöker utveckla dammsugare med 100% återvunnet och återanvänt material. Det vill säga att de precis som i detta projekt utreder möjlighet att använda en demonterad motor en livscykel till. Det beskrivs att det måste utföras tester på motorerna för att CE-certifiera dem om de ska återanvändas. Det är möjligt att utbilda folk på produktionslinan som kan göra dessa tester. För att det ska vara möjligt att arbeta med detta storskaligt krävs det att det ska vara motiverat ur ett ekonomiskt perspektiv. Respondenten beskriver att för framtida studier hade det varit intressant att titta på varför konsumenter slänger produkter, och försöka justera produkterna så att produkterna kan omarbetas för att öka livslängden och kvaliteten. På så vis kan komponenternas livslängd vara helt utnyttjade samtidigt. Respondenten beskriver vidare att det hade kunnat vara mer gynnsamt att titta på varor som reklameras snarare än de som slängs de flesta komponenter är i bra skick. För att återanvändningsprojekt ska möjliggöras sägs det att informationsdelning mellan företag troligtvis hade varit behövts då det skulle underlätta för aktörer att initiera projekt. Det skulle vara lättare för dem att veta hur de ska starta och vilket angreppssätt de skulle välja.

Fredrik Sjöberg - Electrolux

Sjöberg arbetar med produktutveckling av köksmaskiner på ett elektronikföretag. Det beskrivs att det viktigaste som behövs från ett samarbete med ett företag som arbetar med återvinning är att de kan säkerställa att kvaliteten på motorerna uppfyller de krav som ställs. Kvalitén skulle inte behöva vara konstant utan kan skilja sig från motor till motor så länge minimikravet uppfylls. Däremot finns det obligatoriska krav gällande exempelvis elsäkerhet eller materialinnehåll. Mer tekniska krav, som livslängd, skulle däremot kunna revideras där en kompromiss mellan de två företagen skulle kunna nås. Respondenten beskriver att det finns ett stort problem med kvalitetsspridning på elmotorerna som kommer från avfallsprodukter. Från producentens sida skulle det vara allt för dyrt att säkerställa kvaliteten själva och att och att kvalitetstesterna helst skulle genomföras hos försäljaren. Ett sätt att arbeta runt detta är att förtydliga för kunden att det är sämre kvalitet, ge någon form av säkerhet med garanti. Garantin som de erbjuder skulle vara tvungen att omformuleras, eftersom de kommer inte kunna garantera samma kvalitet från en återanvänd elmotor. Ett annat problem med återanvända elmotorer är lagringen och logistiken med elmotorer, eftersom Stena Recycling inte kommer kunna erbjuda ett ständigt flöde av produkter. Samt från producentens sida är det svårt att skapa lagerplats för ett varierande flöde av elmotorer.

Anonym respondent

Respondenten är produktchef för kylskåp för ett vitvaruföretag. Respondenten beskriver att kraven på motorerna sätts efter de produktspecifikationerna som diskmaskinerna får. Leverantörerna får kraven som de anpassar motorerna för. Respondenten beskriver vidare att det är svårt att återanvända elmotorer till diskmaskiner, eftersom gränssnittet för motorerna är anpassat för varje enskild diskmaskin. Om elmotorerna inte får plats i gränssnittet, så går de inte att använda igen. Under intervjun lyfter Respondenten fram reservdelar som en möjlig nisch för återanvända elmotorer, eftersom det inte är samma lagkrav på kvalitet för reservdelar. Hen beskriver vidare att reservdelar kan vara dyrare än nyproducerade elmotorer, eftersom det finns ett begränsat utbud och producenter av elmotorer kan ha slutat producera elmotorer som kunden behöver. Det finns även ett marknadsföringvärde med att arbeta med återanvända elmotorer. Ett annat alternativ som hen beskriver i intervjun är att försöka leasa diskmaskinerna, och att byta ut elmotorn mot en återanvänd elmotor när diskmaskinen kommer in till service. I jämförelse med andra intervjuer, lyftar hen fram att det finns en leveranssäkerhet för återanvända elmotorer. Eftersom putsningen och kvalitetssäkringen sker inom de svenska gränserna, blir inte företagen lika beroende av globala producenter och leveranssäkerheten blir bättre. En annan styrke med återanvända elmotorer är minskad miljöpåverkan och tror att det kommer bli viktigare för framtiden. De största nackdelarna med affärsmodellen av återanvända elmotorer är ekonomi, försäkring av kvalitet och att få med leverantörerna på affärsmodellen. Hen nämner att för framtida studier skulle det vara värdefullt att undersöka reservdelar: ta reda på hur många reservdelar som behövs, när de behövs och processen runt det.

Henrik Holmgren - Husqvarna

Holmgren arbetar som mekanikingenjör på ett svenskt företag som arbetar med utomhusprodukter, exempelvis gräsklippare, motorsågar, elektriska häcksaxar med mera. Holmgren beskriver att de väljer elmotorer genom att simulera elmotorns prestanda både genom deras egna verksamhet men även genom leverantörerna. Han beskriver att det är svårt att återanvända elmotorerna eftersom kretskorten och mjukvara är anpassad efter varje enskild elmotor, och det blir alltför komplext att justera den återanvända elmotorn till produkten. Han beskriver att de har alltid arbetat med borstlösa elmotorer sen han började jobba på robotgräsklippare, och ser ingen tydlig trend i den framtida utvecklingen av elmotorer. Beskriver att för att återanvända elmotor skulle vara relevant måste affärsmodellen omarbetas och ha ett stort fokus på planering. Holmgren beskriver vidare svårigheter med logistik i form av lagerhållning och varierande flöden. Han poängterar återigen betydelsen med planering, och beskriver att produktionen måste ställas om för att kunna kvalitetssäkra motorerna.

Mats Sundin - Electrolux

Sundin arbetar som utvecklingsledare för dammsugare. Arbetar med att nå marknadens efterfrågan, där respondenten och resten av teamet ger ett designförslag, simulerar dammsugare och bygger ihop dammsugaren. Har inga direkta krav de arbetar mot, utan det är mestadels från leverantörerna utsätts för kraven. De arbetar främst mot konsumentköplagen. Beskriver att problem med återanvändning av elmotorer som affärsmodell är att vissa produkter är specifikt tillverkade för vissa länder. Exempelvis i form av materialkrav men även på ström eller spänningskrav. Problemet blir då att återanvända elmotorerna till deras produkter, eftersom deras produkter sprids över hela världen och det är "bara en droppe av hela flödet" som faktiskt skulle kunna återanvändas i Sverige.

Beskriver att fläkten, som innehåller elmotorn är första komponenten som allt bestäms runt i en

dammsugare. Där all anpassning för att nå produktspecifikationerna sker genom att anpassa delar runt fläkten. Korrespondentne beskriver det som en iterativ process för att välja rätt komponenter i dammsugaren, där fläkten går genom flera steg för att bestämma rätt komponenter. Arbetar mer mot borstlösa elmotorer, ser att marknaden rör sig mot borstlösa elmotorer när de blir billigare på grund av den längre livslängden.

Rob Wyatt - Electrolux

Wyatt arbetar som mellanhand mellan producenterna av elmotorer och elmotorsproducenter. Respondenten är med och väljer vilken motor som behövs för diverse produkter. Exempelvis olika typer av dammsugare och olika typer av mixers. Respondenten är med och designar elmotorn för att uppfylla produktrakten och ser till att leverantörerna producerar elmotorer som uppfyller kraven.

Respondenten beskriver att de väljer elmotorer genom att testa olika prestandaspecifikationer som effekt, livslängd, ljudnivå och så vidare. De identifierar vilken motortyp som behövs för att sedan skapa ett business case. I intervjun beskrivs det som att det är väldigt snäva krav på motorerna. Upplever det svårt att återanvända elmotorer i nya produkter på grund av de snäva kraven. Elmotorer som är framtagna funkar enbart för just den produkten, och går inte att använda för en annan produkt. Respondenten beskriver det som att elmotorer börjar bli mer standardiserade, men utvecklingen och marknaden är inte där än. Beskriver det som att standardiseringen av elmotorerna kommer att gynna återanvändningspotentialen av elmotorer i framtiden. Beskriver att det kan finnas andra områden med mer standardiserade elmotorer, där marknaden för återanvändning är mer mogen. Beskriver att olika certifieringar, exempelvis CE-märkning, hämmar potentialen för återanvändning av elmotorer.

Respondenten beskriver ett tidigare projekt från 10-15 år sedan där återtillverkade dammsugare. I projektet fick de in dammsugare som de sedan gjorde en upprustning av. I projektet fick de in dammsugare av varierande kvalitet, från perfekt skick till helt obrukbara. För att ta reda på kvaliteten på elmotorerna gjorde de först en visuell inspektion för att sortera ut förstörda elmotorer. De elmotorer som gick vidare fick sedan genomgå olika typer av tester för att testa prestandan. De elmotorerna som klarade testerna omvandlade de till nya produkter. De borstade elmotorerna som fortfarande hade en god kvalitet, fick en uppdatering, exempelvis med ny borste om den var sönder. De var tvungna att skapa en ny produkt av den använda elmotorn för att kunna säkerställa certifieringskrav. I projektet beskrivs det som att kvaliteten på elmotorerna varierade kraftigt, men det var beroende på vilken fraktion som kom in. Respondenten att hur stor andel elmotorer som kan återanvändas beror på vilken fraktion som de fick in.

I intervjun beskriver respondenten att det finns en större potential för borstlösa elmotorer på grund av den långa livslängden. Respondenten beskriver att det går 3-4 borstlösa elmotorer på en borstlös elmotor i pris. Respondenten beskriver att från perspektivet producent kontra konsument, så köper man elmotorer som kan hålla en viss drifttid. Konsumenter tittar främst på livslängden i form av år, men producenten vill bara veta drifttiden. Beskriver att producenter av elmotorer inte arbetar med att återtillverka elmotorer i nuläget, men att det finns ett intresse.

Återförsäljare av elmotorer

David Larsson - STEGIA

Larsson arbetar med försäljning av elmotorer till medicinskt utrustning, livsmedelsframtagning och solpaneler. De är enbart återförsäljare och tillverkar inte egna elmotorer. Beskriver att potentialen för återanvändning består främst av priset på motorn, men även att kvaliteten samt att information om

motorn är lättillgänglig. Beskriver att kvalitetstest kommer bli dyrt att göra om det ska ske på enskild motor. Beskriver att de kan avgöra kvaliteten på motorn genom att testa verkningsgraden. Dock svårt att veta hur lång livslängd som är kvar, beskriver att det skulle kunna undersökas genom röntgentester, för att se hur slitna borstarna är.

Johan Ekblom - Powermec

Ekblom arbetar med försäljning av elmotorer till främst professionella verktyg som exempelvis pelletsblandare. De tillverkar inte elmotorerna själva, utan har tillåtelse att köpa in dem och agerar som återförsäljare. Beskriver att för deras kunder är det svårt att applicera återanvända elmotorer, eftersom det krävs en hög prestanda för elmotorerna som de säljer vidare. Respondente beskriver att det kan vara dyrare att köpa en ny motor än en ny produkt, eftersom motorn blir så specifik för just den produkten och tillverkare kan börja skifta tillverkningen till en annan motortyp. Beskriver att det finns en högre potential i borstlösa elmotorer, eftersom trenden rör sig mot att borstlösa elmotorer blir billigare samt att de är dyrare och har en längre livslängd. Utvecklingen av borstlösa elmotorer upplevs gå trögt, där respondenten upplever att "alla har sagt att de ska få ett genomslag" men det har inte hänt än.

Benedikt Zielke - Transmotec

Zielke arbetar med försäljning av elmotorer till övervakningskameror och medicinsk utrustning, där elmotorerna generellt är små. Många av deras motorer kostar cirka 20-30 kronor för konsumenterna men med en lång livslängd. De upplever att elmotorn generellt inte är det som går sönder för deras konsumenter, i och med den långa livslängden. Beskriver att dyra elmotorer har en större potential, Respondenten beskriver ventilationselmotorer som en potential produkt, eftersom elmotorerna måste kunna utstå ett hårt klimat med kyla och värme. I ventilationselmotorer behöver kvaliteten vara hög för att elmotorn måste fungera, och i jämförelse med de produkter som de säljer finns det en större potential.

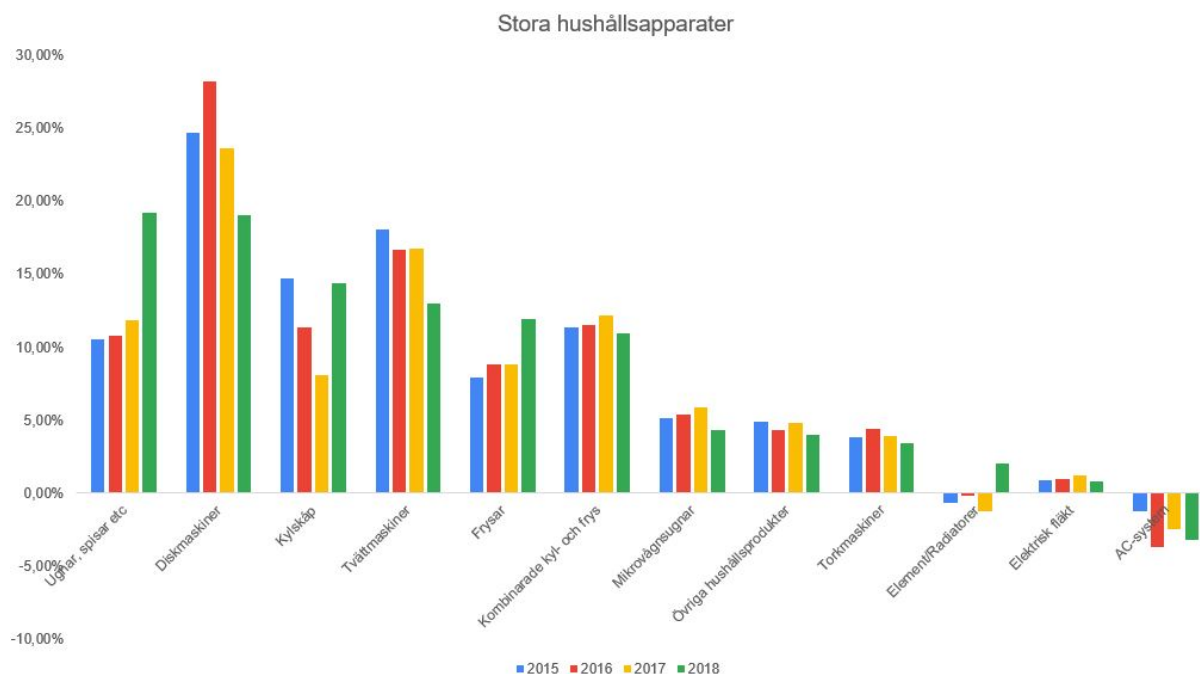
Matts Spångberg - Applia

Spångberg arbetar på Applia, som är en branschorganisation i Sverige för hushållselektronik. Beskriver att Electrolux har undersökt återanvändning av dammsugare för 10-15 år sen, men det fanns inte tillräckligt med ekonomisk lönsamhet att fortsätta med arbetet. Nya produkter kräver CE-erkännande så det blir kostnad på styckevis och inte serieproduktion. Processen blir seg för CE-märkning blir på alla enskilda produkter, och inte hela produktprocessen. Däremot menar Spångberg på att använda elmotorn som reservdel, för då behövs det ingen CE-märkning men motorn kommer förmodligen behöva rekonstrueras.

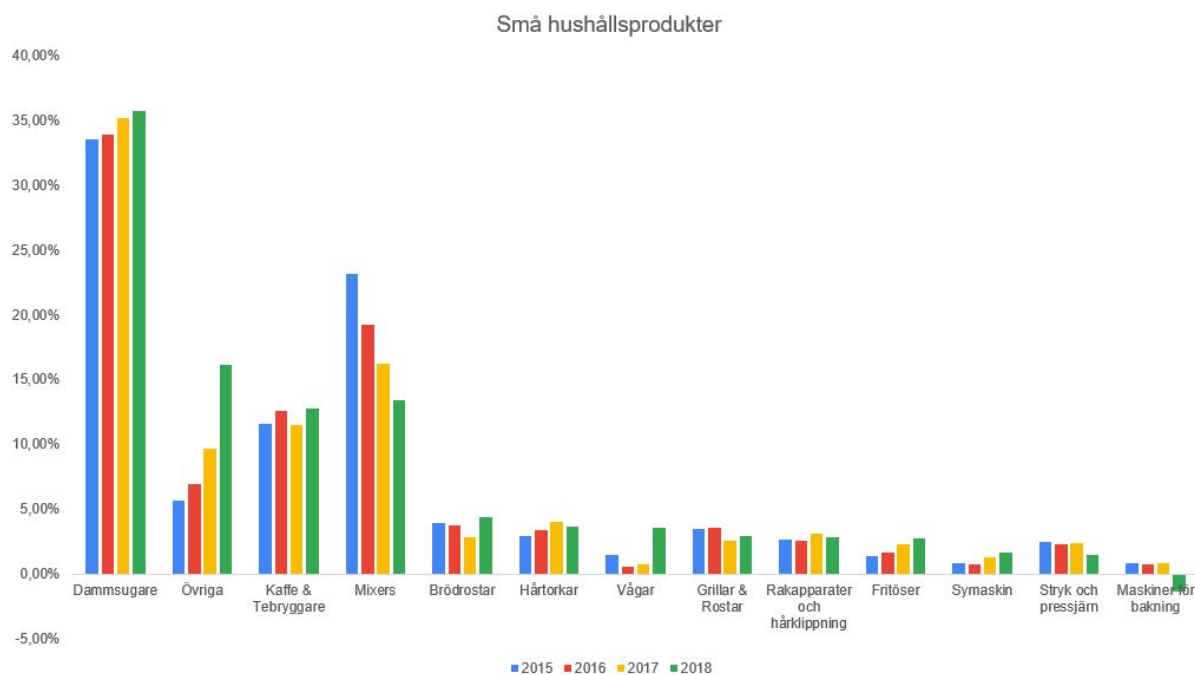
Roberth Jonsson - Zatisfy

Jonsson arbetar med att certifiera CE-märkningar för olika företag. Beskriver för återanvändning av elmotorer att det krävs att man har tillräckligt med information om produkten om CE ska gälla. Vilket blir svårt för elmotorer som kommer in till Stena Recycling eftersom de saknar informationsblad om motorn. Om det redan finns CE-märkning på elmotorn, så kan den användas som reservdel, men om den är direkt utbytbar kan CE-märkningen inte appliceras. En CE-märkning innebär att det finns tillgänglig information som kan delas, vilket skulle saknas om elmotorerna plockades ut och in i en ny maskin igen.

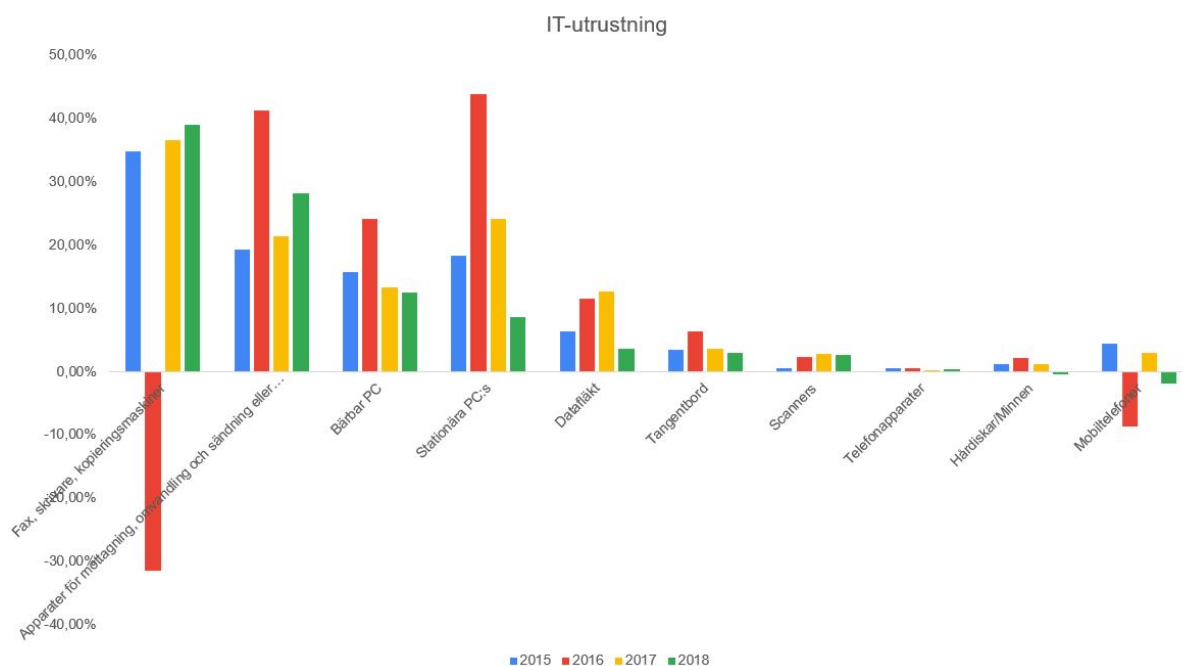
Bilaga 4: Jämförelse av konsumtion 2015-2018. Figurerna visar att konsumtionen är lik mellan åren och 2018 års värden antas representera ett normalt konsumtionsår.



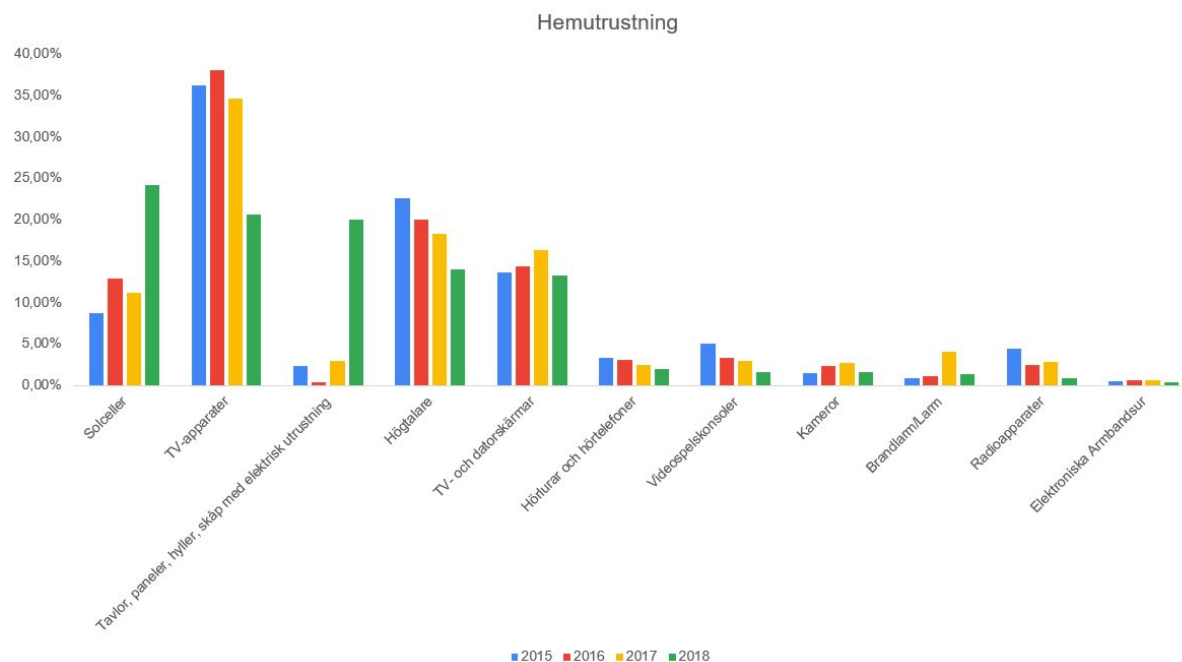
Figur 7: Skillnaden i konsumtionen av stora hushållsapparater 2015 till 2018.



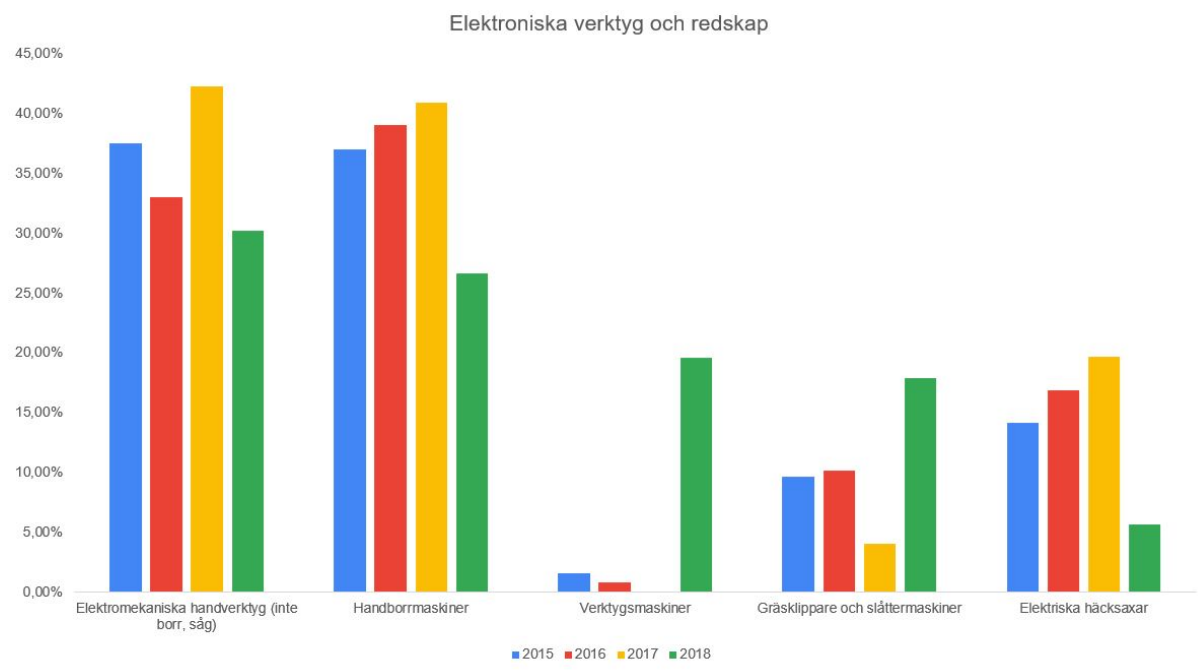
Figur 8: Skillnaden i konsumtionen av små hushållsapparater 2015 till 2018.



Figur 9: Skillnaden i konsumtionen av IT-utrustning 2015 till 2018.



Figur 10: Skillnaden i konsumtionen av hemutrustning 2015 till 2018.



Figur 11: Skillnaden i konsumtionen av elektroniska verktyg och redskap 2015 till 2018.

Bilaga 5: Tabeller över mängden avfall som kom till ÅVC 2018 och Import, export och produktion för alla produkter som ingick i studien.

Tabell 18: Mängd avfall inom varje avfallskategori [El-kretsen, 2018].

Avfallskategori	Mängd avfall 2018 [ton]
Stora hushållsapparater	65 296
Små hushållsapparater	7077
IT-, telekommunikations- och kontorsutrustning	17 547
Belysningsutrustning	27 621
Elektriska och elektroniska verktyg	12 161
Leksaker samt fritids- och sportutrustning	3699
Medicinsk utrustning	750
Övervaknings- och kontrollutrustning	108
Batterier	3170
Övrigt (ej producent-ansvarsmaterial)	8621
Total	146 228

Tabell 19: Konsumtion av Stora hushållsapparater 2018.

Produkt	Import [ton]	Export [ton]	Produktion [ton]	Konsumtion [ton]
Ugnar	67 675	32 892	64	34 847
Diskmaskiner	52 387	18 137	226	34 476
Kylskåp	41 554	15 470	Inget värde	26 074
Tvättmaskiner	60 480	38 876	1933	23 537
Frysar	31 425	9807	Inget värde	21 645
Kyl- & frysskåp	37 081	17 264	Inget värde	19 817
Mikrovågsugnar	11 195	3392	Inget värde	7803
Tallriksvärmare	9057	1801	Inget värde	7256
Torktumlare	15 554	9331	Inget värde	6223
Element	7765	4427	296	3634
Fläktar	1253	576	770	1447

Tabell 20: Konsumtion av Små hushållsapparater 2018.

Produkt	Import [ton]	Export [ton]	Produktion [ton]	Konsumtion [ton]
Dammsugare	11 808	4332	30,6	7507
Övriga	7078	3694	Inget värde	3384
Mixers	5284	2525	57	2815
Kaffe- & tebryggare	5145	2563	100	2628
Brödrostar	967	299	255	923
Hårtorkar	1144	375	Inget värde	769
Vågar	1208	465	Inget värde	743
Grillar & rostar	1107	495	Inget värde	612
Rakapparater	1091	499	Inget värde	592
Fritöser	959	389	Inget värde	570
Symaskiner	411	56	Inget värde	355
Strykjärn	798	482	Inget värde	316

Tabell 21: Konsumtion av IT-utrustning 2018.

Produkt	Import [ton]	Export [ton]	Produktion [ton]	Konsumtion [ton]
Fax, skrivare mm	19 672	8999	Inget värde	10 684
Skärmar	14 732	7048	Inget värde	7684
Bärbar dator	7140	3896	189	3433
Stationär dator	5228	3119	260	2369
Inorgan till datorer	5769	4687	2	1083
Datorfläktar	1951	956	Inget värde	995
Tangentbord	1472	670	Inget värde	802
Scannars	896	153	Inget värde	743
Telefonapparater	187	84	Inget värde	103

Tabell 22: Konsumtion av hemutrustning för 2018.

Produkt	Import [ton]	Export [ton]	Produktion [ton]	Konsumtion [ton]
Solceller	9453	251	Inget värde	9202
TV-apparater	23 355	15 499	Inget värde	7856
Hyllor och skåp	15 577	7983	Inget värde	7594
Högtalare	7960	2626	Inget värde	5334
TV- & datorskärmar	9846	4782	Inget värde	5064
Hörlurar	1942	1173	Inget värde	796
TVspelskonsoler	1746	1138	Inget värde	608
Kameror	1114	1054	532	597
Brandlarm & larm	1516	980	Inget värde	536
Radioapparater	494	169	Inget värde	325
Armbandsur	259	114	Inget värde	145

Tabell 23: Konsumtion av elektroniska verktyg och redskap för 2018.

Produkt	Import [ton]	Export [ton]	Produktion [ton]	Konsumtion [ton]
Handverktyg (exkl borr & såg)	5712	2690	58	3080
Handborrmaskiner	4308	1706	112	2714
Verktygsmaskiner	5751	3756	Inget värde	1995
Gräsklippare	3387	1561	Inget värde	1826
Elektriska häcksaxar	1131	644	84	574

Bilaga 6: Alla KN-koder som ingick i flödeskartläggningen och vilken kategori de tillhörde.

Tabell 24 beskriver alla de valda KN-koder som använts för flödeskartläggningen.

Tabell 24: *Beskrivning av de valde KN-koderna för flödeskartläggningen. StH står för Stora Hushållsapparater, SmH står för Små Hushållsapparater, Hem står för hemutrustning, IT står för IT-utrustning och RV står Elektroniska Redskap och Verktyg.*

KN-kod	Beskrivning av produkten	Kategori
84221100	Diskmaskiner av hushållstyp	StH
84221900	Diskmaskiner (exkl. av hushållstyp)	StH
84182110	Kylskåp med kompressionsaggregat, av hushållstyp, med en rymd av > 340 l (exkl. kombinerade kyl- och frysskåp med separata yttre dörrar)	StH
84182151	Kylskåp med kompressionsaggregat, av hushållstyp, bordsmodeller	StH
84182159	Kylskåp med kompressionsaggregat, av hushållstyp, inbyggnadsmodeller (exkl. kombinerade kyl- och frysskåp med separata yttre dörrar)	StH
84182191	Kylskåp med kompressionsaggregat, av hushållstyp, med en rymd av <= 250 l (exkl. bordsmodeller och inbyggnadsmodeller samt kombinerade kyl- och frysskåp med separata yttre dörrar)	StH
84182199	Kylskåp med kompressionsaggregat, av hushållstyp, med en rymd av > 250 l men <= 340 l (exkl. bordsmodeller och inbyggnadsmodeller samt kombinerade kyl- och frysskåp med separata yttre dörrar)	StH
84186900	Kyl- eller frysutrustning i.a.n. (exkl. kyl- och frysmöbler, aggregat av kompressionstyp, vilkas kondensorer är utformade som värmeväxlare samt absorptionsvärmepumpar)	StH
84183020	Frysboxar med en rymd av <= 400 l	StH
84183080	Frysboxar med en rymd av > 400 l men <= 800 l	StH
84184020	Frysskåp med en rymd av <= 250 l	StH
84184080	Frysskåp med en rymd av > 250 l men <= 900 l	StH
84185011	Kyl- och frysdiskar och montrar med kyl- eller frysaggregat, för frysta varor	StH
84185019	Kyl- och frysdiskar och montrar med kyl- eller frysaggregat (exkl. för frysta varor)	StH
84185090	Kyl- och frysmöbler med kyl- eller frysaggregat (exkl. kombinerade kyl- och frysskåp med separata yttre dörrar, kylskåp av hushållstyp, kyl- och frysdiskar och montrar)	StH
84501111	Vattentvättmaskiner för hushåll eller tvätterier, helautomatiska, frontmatade, för <= 6 kg torr tvätt	StH
84501119	Vattentvättmaskiner för hushåll eller tvätterier, helautomatiska, toppmatade, för <= 6 kg torr tvätt	StH

Tabell 24 – Fortsättning från föregående sida

KN-kod	Beskrivning av produkten	Kategori
84501190	Vattentvättmaskiner för hushåll eller tvätterier, helautomatiska, för > 6 kg men ≤ 10 kg torr tvätt	StH
84501200	Vattentvättmaskiner för hushåll eller tvätterier med inbyggd centrifug, för ≤ 10 kg torr tvätt (exkl. helautomatiska)	StH
84502000	Vattentvättmaskiner för hushåll eller tvätterier, för > 10 kg torr tvätt	StH
84181020	Kombinerade kyl- och frysskåp med separata yttre dörrar, med en rymd av > 340 l	StH
84181080	Kombinerade kyl- och frysskåp med separata yttre dörrar, med en rymd av ≤ 340 l	StH
84512100	Torkmaskiner för ≤ 10 kg torr tvätt (exkl. torkcentrifuger)	StH
84512900	Maskiner och apparater för torkning av textilgarn, textilvävnader eller andra textilvaror (exkl. torkmaskiner för ≤ 10 kg torr tvätt samt torkcentrifuger)	StH
85162910	Vätskefyllda radiatorer, elektriska, för rumsuppvärmning eller för uppvärmning av marken (exkl. radiatorer som kan lagra värme)	StH
85162950	Konvektionsapparater, elektriska, för rumsuppvärmning eller för uppvärmning av marken (exkl. radiatorer som kan lagra värme)	StH
85162991	Elektriska apparater för rumsuppvärmning eller för uppvärmning av marken, med inbyggd fläkt (exkl. radiatorer som kan lagra värme, vätskefyllda radiatorer samt konvektionsapparater)	StH
85162999	Elektriska apparater för rumsuppvärmning eller för uppvärmning av marken (exkl. radiatorer som kan lagra värme, vätskefyllda radiatorer, konvektionsapparater samt med inbyggd fläkt)	StH
85162100	Radiatorer som kan lagra värme, elektriska, för rumsuppvärmning	StH
84145100	Bords-, golv-, vägg-, fönster- eller takfläktar med inbyggd elektrisk motor, med en effekt av ≤ 125 W	StH
84186100	Värmepumpar, andra än luftkonditioneringsapparater enligt nr 8415	StH
84151010	Luftkonditioneringsapparater av fönster- eller väggtyp, hopbyggda till en enhet	StH
84151090	Luftkonditioneringsapparater av fönster- eller väggtyp av typen split-system	StH
85166010	Spisar, elektriska, omfattande minst en ugn och en häll, för hushållsbruk	StH
85166050	Kokplattor och hällar, elektriska, för hushållsbruk	StH
85166080	Ugnar för inbyggnad, elektriska, för hushållsbruk	StH
85166090	Ugnar, elektriska, för hushållsbruk (exkl. för rumsuppvärmning, mikrovågsugnar, spisar samt ugnar för inbyggnad)	StH

Tabell 24 – Fortsättning från föregående sida

KN-kod	Beskrivning av produkten	Kategori
85165000	Mikrovågsugnar	StH
85414090	Halvledarkomponenter, ljuskänsliga, eller halvledarelement, inkl. fotoelektromotoriska celler	Hem
85287220	Televisionsmottagare med inbyggd utrustning för inspelning eller återgivning av videosignaler, för färgtelevision	Hem
85287240	Televisionsmottagare med en LCD-bildskärm med flytande kristaller, för färgtelevision (exkl. med inbyggd utrustning för inspelning eller återgivning av videosignaler samt videomonitorer och televisionsprojektorer)	Hem
85287280	Televisionsmottagare för färgtelevision (exkl. med inbyggt bildrör eller LCD eller plasmabildskärm eller inbyggd utrustning för inspelning eller återgivning av videosignaler samt videomonitorer och televisionsprojektorer)	Hem
85182100	Enstaka högtalare, med hölje	Hem
85182200	Högtalaraggregat med två eller flera inmonterade högtalare	Hem
85182995	Högtalare, utan hölje, (exkl. med ett frekvensomfång på 300 Hz till 3,4 kHz, med en diameter av ≤ 50 mm, av det slag som används inom telekommunikation)	Hem
85285210	Monitorer av sådana slag som uteslutande eller huvudsakligen används i ett system för automatisk databehandling enligt nr 8471 (exkl. med inbyggd televisionsmottagare samt katodstrålerörsmonitorer)	Hem
85183095	Hörlurar och hörtelefoner, även kombinerade med mikrofon, samt satser bestående av en mikrofon och en eller flera högtalare (exkl. handmikrofoner för linjearbete, telefoner och hörapparater samt hjälmar med inbyggda hörlurar, även med mikrofon)	Hem
95045000	Videospelskonsoler och videospelmaskiner (exkl. sådana drivna med betalningsmedel)	Hem
85311030	Tjuvarlarmsapparater, brandlarmsapparater o.d., av sådana slag som används i byggnader	Hem
85311095	Tjuvarlarmsapparater, brandlarmsapparater o.d. (exkl. för motorfordon och byggnader)	Hem
91021100	Armbandsur, elektriskt drivna, med enbart mekanisk analog tidvisning, även med stoppursfunktion (exkl. med boett av ädel metall eller av metall med plätering av ädel metall)	Hem
85258019	Televisionskameror (exkl. med tre eller flera kamerarör samt videokameror)	Hem
85258030	Digitala kameror	Hem

Tabell 24 – Fortsättning från föregående sida

KN-kod	Beskrivning av produkten	Kategori
85258091	Videokameror, endast i stånd att spela in ljud och bild tagna av televisionskamera (exkl. videokameror för stillbilder)	Hem
85258099	Videokameror, i.a.n. (exkl. videokameror för stillbilder samt i stånd att spela in ljud och bild tagna av televisionskamera)	Hem
84672110	Handborrmaskiner av alla slag, med inbyggd elektrisk motor som kan arbeta utan yttre kraftkälla	RV
84672191	Elektropneumatiska handborrmaskiner (exkl. som kan arbeta utan yttre kraftkälla)	RV
84672199	Handborrmaskiner av alla slag, med inbyggd elektrisk motor (exkl. som kan arbeta utan yttre kraftkälla samt elektropneumatiska bormaskiner)	RV
84671900	Handverktyg, pneumatiska (exkl. för roterande verktyg)	RV
84671190	Handverktyg, pneumatiska, för roterande verktyg inkl. sådana för både roterande och slående verktyg (exkl. för metallbearbetning)	RV
84651090	Verktygsmaskiner för bearbetning av trä, kork, ben, hårdgummi, hårdplast eller liknande hårda material	RV
84331110	Gräsklippningsmaskiner med motor och horisontellt roterande skär, elektriska	RV
84331910	Gräsklippningsmaskiner med motor, elektriska (exkl. gräsklippningsmaskiner med motor och horisontellt roterande skär)	RV
84672920	Elektromekaniska handverktyg, med inbyggd elektrisk motor, som kan arbeta utan yttre kraftkälla (exkl. bormaskiner och sågar)	RV
84672951	Handvinkelslipare med inbyggd elektrisk motor (exkl. som kan arbeta utan yttre kraftkälla)	RV
84672953	Handbandputsmaskiner med inbyggd elektrisk motor (exkl. som kan arbeta utan yttre kraftkälla)	RV
84672959	Slip- och putsmaskiner med inbyggd elektrisk motor (exkl. som kan arbeta utan yttre kraftkälla samt vinkelslipare och bandputsmaskiner)	RV
84672970	Handhyvelmaskiner med inbyggd elektrisk motor (exkl. som kan arbeta utan yttre kraftkälla)	RV
84672985	Elektromekaniska handverktyg, med inbyggd elektrisk motor, med yttre kraftkälla (exkl. bormaskiner, sågar, slip-, puts- och hyvelmaskiner, häcksaxar och maskiner för trimning av gräsmattor)	RV
84672980	Häcksaxar och maskiner för trimning av gräsmattor, för användning som handverktyg, med inbyggd elektrisk motor som arbetar med en yttre kraftkälla	RV

Tabell 24 – Fortsättning från föregående sida

KN-kod	Beskrivning av produkten	Kategori
84433100	Apparater som utför minst två av arbetsuppgifterna utskrift, kopiering och telefaxöverföring och kan anslutas till en maskin för automatisk databehandling eller till ett nätverk	IT
84433210	Skrivare som kan anslutas till en maskin för automatisk databehandling eller till ett nätverk	IT
84433900	Skrivare, kopieringsapparater och telefaxapparater, även kombinerade (exkl. de som kan anslutas till en maskin för automatisk databehandling eller till ett nätverk samt tryckpressar som används för tryckning med tryckplåtar, tryckcylindrar och andra tryckformer enligt nr 8442)	IT
84729090	Maskiner och apparater för kontorsbruk, i.a.n.	IT
85176200	Apparater för mottagning, omvandling och sändning eller regenerering av tal, bilder eller andra data, inbegripet apparater för uppkoppling och dirigerig (exkl. telefonapparater, för cellulära nätverk mobiltelefoner eller för andra trådlösa nätverk)	IT
84713000	Bärbara maskiner för automatisk databehandling, med en vikt av ≤ 10 kg, med åtminstone en centralenhet, ett tangentbord och en bildskärm (exkl. yttre enheter)	IT
84715000	Bearbetningsenheter till maskiner för automatisk databehandling, även sådana som innehåller en eller två av följande enheter inom samma hölje, nämligen: minnen, inorgan och utorgan (exkl. maskiner för automatisk databehandling enligt nr 8471.41 eller 8471.49 och kringutrustning)	IT
84714900	Maskiner för automatisk databehandling, i form av system med åtminstone en centralenhet, ett inorgan och ett utorgan (exkl. bärbara, med en vikt av ≤ 10 kg och kringutrustning)	IT
84714100	Maskiner för automatisk databehandling med åtminstone en centralenhet, ett inorgan och ett utorgan, de sistnämnda får även vara kombinerade, inom samma hölje (exkl. bärbara, med en vikt av ≤ 10 kg och inte i form av system och kringutrustning)	IT
84716060	Tangentbord till maskiner för automatisk databehandling, även innehållande minnen inom samma hölje	IT
84716070	Inorgan och utorgan till maskiner för automatisk databehandling, även innehållande minnen inom samma hölje (exkl. tangentbord)	IT
84718000	Enheter till maskiner för automatisk databehandling (exkl. inorgan och utorgan samt minnesenheter)	IT
84733020	Sammansatta elektroniska komponenter till maskiner för automatisk databehandling och andra maskiner enligt nr 8471	IT

Tabell 24 – Fortsättning från föregående sida

KN-kod	Beskrivning av produkten	Kategori
84145915	Fläktar av ett slag som uteslutande eller huvudsakligen används för kylning av mikroprocessorer, telekommunikationsutrustning, maskiner för automatisk databehandling eller enheter till maskiner för automatisk databehandling	IT
84719000	Magnetiska och optiska läsare samt maskiner för överföring av data till databärare i kodad form samt maskiner för bearbetning av sådana data, i.a.n.	IT
85171800	Telefonapparater (exkl. apparater för trådtelefoni med trådlösa telefonlurar och telefoner för cellulära nät eller för andra trådlösa nät)	IT
85171200	Telefoner för cellulära nät eller för andra trådlösa nät, mobiltelefoner	IT
84717050	Hårddiskenheter till maskiner för automatisk databehandling, digitala, med fasta skivor (exkl. optiska eller magnetoptiska samt centrala minnesenheter)	IT
84717020	Minnesenheter, centrala, digitala, till maskiner för automatisk databehandling	IT
85081100	Dammsugare med inbyggd elektrisk motor, inbegripet torr- och våtdammsugare, med en effekt av $\leq 1\,500\text{ W}$ och en kapacitet hos dammpåse eller annan behållare av $\leq 20\text{ l}$	SmH
85081900	Dammsugare med inbyggd elektrisk motor, inbegripet torr- och våtdammsugare (exkl. med en effekt av $\leq 1\,500\text{ W}$ och en kapacitet hos dammpåse eller annan behållare av $\leq 20\text{ l}$)	SmH
85167970	Elektriska värmeapparater, för hushållsbruk (exkl. för hårbehandling eller för torkning av händerna, för rumsuppvärmning eller för uppvärmning av marken, varmvattenberedare och doppvärmare, stryk- och pressjärn, mikrovågsugnar, ugnar, spisar och kokplattor kompletta, grillar och rostar, kaffe- och tebryggare, brödrostar samt fritöser)	SmH
85167100	Kaffe- eller tebryggare, elektriska, för hushållsbruk	SmH
85094000	Maskiner för malning eller blandning av livsmedel samt frukt- eller köksväxtsaftpressar, för hushållsbruk med inbyggd elektrisk motor	SmH
85163100	Hårtorkar, elektriska	SmH
85163200	Elektriska värmeapparater för hårbehandling (exkl. hårtorkar)	SmH
85167200	Brödrostar, elektriska, för hushållsbruk	SmH
84231010	Hushållsvågar	SmH
84231090	Personvågar, inkl. barnvågar	SmH
84238125	Butiksvågar, med en kapacitet av $\leq 30\text{ kg}$, med användning av elektroniska medel för att mäta vikter (exkl. vågar för vägning och etikettering av färdigförpackade varor)	SmH

Tabell 24 – Fortsättning från föregående sida

KN-kod	Beskrivning av produkten	Kategori
90153010	Avvägningsinstrument, elektroniska	SmH
85166070	Grillar och rostar, elektriska, för hushållsbruk	SmH
85101000	Rakapparater med inbyggd elektrisk motor	SmH
85102000	Hårklippsmaskiner med inbyggd elektrisk motor	SmH
85103000	Hårborttagningsmaskiner med inbyggd elektrisk motor	SmH
85167920	Fritöser, elektriska, för hushållsbruk	SmH
85164000	Elektriska stryk- och pressjärn	SmH
85098000	Elektromekaniska hushållsapparater med inbyggd elektrisk motor (exkl. dammsugare, inbegripet torr- och våtdammsugare, maskiner för malning eller blandning av livsmedel, frukt- eller köksväxtsaftpressar samt hårborttagningsapparater)	SmH
84381010	Bagerimaskiner (exkl. bageriugnar samt degvalsningmaskiner)	SmH

Bilaga 7: Potentialbedömningen av alla produkterna.**Tabell 25:** Potentialbedömning av de valda produkterna Resultatet är färgkodat, där grön färg indikerar på hög potential, gul färg indikerar på mellan potential samt röd färg indikerar låg potential.

Produkt	Motorpris	Demontering	Kvantitet	Kvalitet
Kylskåp				
Frys				
Diskmaskin				
Ugn & spis				
Kyl & frysskåp				
Mikrovågsugn				
Tvättmaskin				
Fläkt				
Torktumlare				
Rakapparat				
Dammsugare				
Hårtork				
Mixers				
Bryggare				
Symaskin				
Stationär PC				
Bärbar PC				
Skruvdragare				
Gräsklippare				
Verktygsmaskin				
Häcksax				
Spelkonsol				