

RE: SOURCE

Slutrapport för projekt

ReMat – Utveckling av affärsmodell och teknisk plattform för ökad lokal materialförädling inom svensk bildemontering

Projektperiod: augusti 2017 och till januari 2018
Projektnummer: 44289-1

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM



ReMat – Utveckling av affärsmodell och teknisk plattform för ökad lokal materialförädling inom svensk bildemontering

ReMat – Development of a business model and technological platform for locally increasing the value of recycled materials in Swedish car recycling

Titel på projektet – svenska Utveckling av affärsmodell och teknisk plattform för ökad lokal materialförädling inom svensk bildemontering
Titel på projektet – engelska Development of a business model and technological platform for locally increasing the values of recycled materials in Swedish car recycling
Universitet/högskola/företag Stiftelsen Chalmers Industriteknik
Adress Sven Hultins gata 9, 412 58
Namn på projektledare Kristoffer Gramnaes
Namn på ev övriga projektdeltagare Linea Kjellsdotter Ivert, Kristina Liljestrand, Louise Fängström, Sahand Yari, Johan Landberg, Karin Wilson, Christer Persson, Dag Eklund, Joakim Andersson, Rory McCoo
Nyckelord: 5-7 st Demontering, återvinning, plast, koppar, teknikplattform, affärsmodell, miljö

Med stöd från:

STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Förord

Detta är slutrapporten för förprojektet ReMat ”Utveckling av affärsmodell och teknisk plattform för ökad lokal materialförädling inom svensk bildemontering”. Projektet är finansierat av Energimyndigheten, Vinnova och Formas och genomförs inom ramen för Strategiskt innovationsprogram Re:Source.

Författarna vill rikta ett stort tack till följande projektpartners som lagt ner mycket tid med att demontera, rensa, sortera, storleksreducera och transportera plastdelar för återvinning och bidragit till värdefull kunskap till projektet:

Eklunds Bildelslager AB

Walters Bildelar AB

Rapporten publiceras på Energimyndighetens och RE:Source hemsidor och ges ut av Chalmers Industriteknik och Swerea IVF AB.

Linea Kjellsdotter Ivert, Kristoffer Gramnaes, Johan Landberg och Karin Wilson

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary.....	4
Inledning och bakgrund.....	6
Genomförande	9
Resultat och diskussion	11
Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg.....	24
Publikationslista.....	26
Projektkommunikation	26
Referenser.....	27
Appendix A Intervjuer med potentiella kunder	28
Appendix B Processparametrar	29
Appendix C Intervjumall.....	30
1 Insamlingsföretag.....	30
1.1 Mottagande av plast.....	30
1.2 ’Produktion’	30
1.3 Försäljning av insamlad plast.....	30
2 Materialåtervinnare.....	31
2.1 Inköp av återvunnen plastråvara.....	31
2.2 Materialåtervinningen	32
2.3 Försäljning av återvunnen förädlad plastråvara	32
3 Plastföretag	33
3.1 Inköp av plastråvara.....	33
3.2 Produktion.....	33
3.3 Försäljning av produkter innehållande återvunnen plast	33

Appendix D Bilder på valda plastdelar	34
Appendix E Bilder på 3D printad ABS och PP	38
Appendix F Resultat från XRF	39
Appendix G Teknikplattform	40
Appendix H Resultat från simuleringen.....	42

Sammanfattning

Förprojektet visar att det går att tjäna pengar på att återvinna plast från uttjänta bilar (ELV) genom att sortera ut och storleksreducera plasten redan hos bildemonteraren. Idag följer plasten med karossen till fragmenteringsanläggningen där en stor del ingår i den så kallade fluff-fraktionen som typiskt går till förbränning. Detta trots att det är allmänt känt att vi måste börja återvinna plast för att uppfylla de högt uppsatta återvinningsmålen för ELV och att det från kvalitetssynpunkt är fördelaktigt att sortera plast vid källan. Motivet till att ELV plasten ändå skickas med karossen till fragmenteringen är att man antar att kostnaderna för att demontera plastdelarna överstiger deras materialvärde.

I förprojektet har vi identifierat ett antal plastdelar som är lätta att demontera, har låg föroreningsgrad och stor effekt på återvinningsgraden. Produkterna har samlats in och testats och resultat visade att: 1) Stötfångare, hasplåt och innerskärmar kan användas för att tillverka standard formsprutningskvalitet av återvunnen polypropen (PP). 2) Ett potentiellt område för återanvändning av expansionskärl och spolarvätskebehållare är tillverkning av extruderingskvalitet av polyeten (PE). 3) Filament för 3D printing kan tillverkas av stötfångare (PP) och inredningsdetaljer (ABS). 4) Samtliga delars grundämneshalter ligger under aktuella gränsvärden. Förprojektet har även genomfört en marknadsundersökning med potentiella kunder i Sverige. Resultat visar att det finns ett intresse av att köpa ELV plast. Priset varierar mellan 1,5 kr/kg och 300 kr/kg beroende på förädlingsgrad av materialet. Dock ökar investeringskostnaderna med förädlingsgraden.

Syftet med förprojektet har varit att utveckla en affärsmodell och identifiera en teknikplattform som möjliggör en ökad materialförädling i svensk bildemontering. Förprojektet fokuserar på plast men är inte avgränsat till enbart detta. En av utmaningarna som föranleder syftet är att marknaden för begagnade reservdelar förväntas minska och som en konsekvens behöver bildemonterare öka sina intäkter från materialåtervinningen. Ett dilemma är att materialvärdet i en skrotad bil som skickas till fragmentering har svårt att täcka bildemonterarens kostnader. I förprojektet har vi tagit fram sju scenarios för olika förädlingsprocesser baserat på tillgängliga teknikplattformar, kundkrav och demonterarens önskemål.

Den förädlingsprocess med störst potential är att demonteraren säljer storleksreducerad plast och granulerad koppar. Detta möjliggörs genom att investera i en shredder som nyttjas för plast och kablage och en granuleringsmaskin som nyttjas för det storleksreducerade kablaget. Bildemonterarna som är med i förprojektet skulle med föreslagen förädlingsprocess öka sin materialintäkt med ett antal hundratusen per år. Tänker man sig att samtliga Sveriges demonterare skulle

demontera identifierade plastdelar skulle 5328 ton plast per år kunna materialåtervinnas istället för förbrännas.

Resultaten från förprojektet är av stort intresse för Sveriges bildemonterare, materialåtervinnare och tillverkande industri. En viktig förutsättning för att öka användningen av återvunnen plast är att det finns stora mängder plast som har en säkrad kvalitet. För att till fullo nyttja resultaten, dvs om man tänker sig att alla Sveriges demonterare ska börja sälja shreddad plast, behöver det mest troligen finnas en aktör som tar emot stora volymer ELV plast och möjliggör ett effektivt insamlingsystem. I ett fortsättningsprojekt skulle det därför vara intressant att gå nedströms i kedjan och titta från ett insamlingsföretags och/eller en materialåtervinnarens perspektiv.



Summary

The project shows that it is possible to earn money from recycling plastic from end-of-life vehicles (ELV) by removing and sorting out the plastic already at the dismantler. Today, the plastic typically follows the body to the fragmentation plant where it becomes part of the so-called fluff fraction that goes to combustion. This is done despite the fact that it is generally known that we must start recycling plastic to meet the high recycling targets for ELV and that it is advantageous to sort plastic at the source from a quality point of view. The reason why ELV plastic is sent to the fragmentation is that it is assumed that the handling costs associated with plastic recycling exceed the material value.

We have identified a number of automotive plastic products that are easy to disassemble, have a low proportion of other plastic materials and a high effect on the

recovery rate. Those products have been tested and results showed that: 1) Bumpers, Wheelhouse and Skid plate can be used to manufacture standard injection molding grade of recycled polypropylene (PP). 2) A potential area for reuse of Washing fluid tank and Expansion tank is the manufacture of polyethylene (PE) extrusion pipes. 3) Filament can be made of Bumper (PP) and Interior details (ABS) and attempts to 3D printing succeeded. 4) All constituents of all components are below the current limit values. We also conducted a market research with potential customers in Sweden. Results show that there is an interest in purchasing plastics from ELV. The price varies between 1.5 SEK / kg and 300 SEK/ kg depending on the degree of refinement of the material. However, investment costs increase with the degree of refinement.

The purpose of the project has been to develop a business model and identify a technology platform that enables an increased proportion of processing material in Swedish image mounting. The project has focused on plastic but is not limited to this material. The challenge motivating the purpose is that the market for used spare parts is expected to decrease and as a consequence, dismantlers need to increase their material revenues from material recycling. One dilemma is that the material value of a scrapped car sent to fragmentation does not cover the costs of the dismantler. We have developed seven scenarios for various supply chains based on available technology platforms, customer requirements and dismantlers requirements.

The most appropriate supply chain is that the dismantler sells size-reduced plastic and granulated copper. This is achieved by investing in a shredder machine used for plastics and cables and a granulation machine used for the size-reduced cables. For the dismantlers included in the project this suggestion would increase their material income by a few hundred thousand yearly. If all Sweden's dismantlers would disassemble the identified plastic parts, 5328 tones of plastic per year could be recycled instead of combusted.

The results from the preliminary project are of great interest to Sweden's dismantlers, material recyclers and manufacturing industry. An important part of increasing the use of recycled plastic is that there are large amounts of plastic that have a secured quality. In order to fully utilize the results, i.e. all Sweden's dismantlers will start dismantling plastic, we most likely need an actor that can receive large volumes of ELV plastic and enables an effective collection system. Therefore, in a continuation project, it would be interesting to go downstream of the chain and look at a collection company and / or material recycler's perspective.

Inledning och bakgrund

I detta kapitel beskrivs bakgrunden till förprojektet inklusive en orientering inom området såsom utmaningar och behov. Förprojektets syfte och delmål presenteras och scopet för förprojektet beskrivs.

Bakgrund

Hanteringen av uttjänta bilar regleras av en EU-gemensam lagstiftning, det s.k. ELV-direktivet, som i Sverige implementerats genom förordningen (2007:185) om producentansvar för bilar och i bilskrotningsförordningen (2007:186). Enligt producentansvaret är producenten ansvarig för att det finns ett system som tar hand om den uttjänta bilen på ett miljömässigt godtagbart sätt. Bilskrotningsförordningen reglerar själva skrotningen av bilen. Sedan 2015 gäller att 95% av bilens vikt ska återvinnas varav 85% ska återanvändas och/eller materialåtervinnas.

Kärnan i det svenska bilåtervinningssystemet består av bildemonterarna och fragmenteringsföretagen. Varje år skrotas ca 180 000–190 000 gamla och nya krockskadade bilar i Sverige av ca 300 auktoriserade bildemonterare (SBR, 2018). Hos bildemonteraren avlägsnas miljöfarligt material från bilarna, såsom batterier, katalysatorer och miljöfarliga vätskor. De reservdelar som kan återanvändas funktionstestas, registreras och läggs in på lager för att säljas på andrahandsmarknaden. Överblivet material läggs i behållare för transport till olika återvinningsföretag. Karossen pressas därefter ihop och transporteras till en fragmenteringsanläggning där karossen mals ner och sorteras i olika material. Det handlar om följande fraktioner: 1) Metaller, dvs järn, koppar, aluminium. 2) Blandfraktion bestående av icke magnetiska metaller. 3) Fluff-fraktion bestående av trä, gummi, textil och plast. 4) Fines som innehåller övriga fraktioner, grus och organiskt material. Metaller separeras ut och återvinns medan fluff-fraktionen till största del används som bränsle i avfallsvärmeverk och fraktionen fines går som konstruktionsmaterial. Viktiga aktörer i systemet förutom demonterare och fragmenteringsföretag är bilverkstäder, materialåtervinnare och råvaruproducenter som köper reservdelar/material från uttjänta bilar samt Bilretur, bilproducenternas insamlingsystem. Många demonterare hanterar även krockskadade bilar och då tillkommer försäkringsbolagen som en aktör eftersom det är från dessa demonterare köper loss de krockskadade bilarna.

En stor utmaning för bilåtervinningsbranschen är att nå återvinningsmålet, inte minst i en tid då plaster i bilar ökar på bekostnad av andelen metalliska material. En förklaring till att andelen plast ökat är att bilproducenter vill minska bränsleförbrukningen och plast har låg vikt (Buekens och Zhou, 2014). Idag återvinns i stort sett ingen plast då den typiskt följer med karossen till fragmenteringsanläggningen där den blir en del av fluff-fraktionen. En annan utmaning är att marknaden för begagnade reservdelar väntas krympa som ett resultat av bland annat att det blir svårare att serva nya bilar på grund av en allt mer elektrifierad och komplex fordonsflotta.

För bildemonteraren, som är i fokus i detta projekt, betyder ovan nämnda utmaningar att inkomsterna för försäljningen av material som går till materialåtervinning måste

öka. Ett stort dilemma är dock att materialvärdet i en skrotad bil som skickas direkt till fragmenteringen inte täcker kostnaden en bildemonterare har för ytor, utrustning och personal. Hypotesen i projektet är därför att bildemonteraren skulle kunna öka sin lönsamhet genom att demontera mer material från karossen, innan den skickas till fragmenteringsanläggningen, förädla detta och sälja en mer värdefull produkt närmare slutkunden (till ett bättre pris).

Ett material av särskilt intresse är plast eftersom materialåtervinning av plast har en positiv direktpåverkan på återvinningsmålet och är förknippat med stora miljömässiga fördelar. Räknat med att en modern personbil innehåller 200 kg plast (Volvo Cars, 2016) och att 180 000 bilar skrotas per år kan man minska användandet av jungfrulig råvara med ca 36 000 ton per år. Att återvinna denna mängd plast, jämfört med att producera den från jungfrulig råvara har potential att sänka koldioxidutsläppen med mellan 28 000 till 98 000 ton per år. En utmaning gällande just plast är att materialvärdet för plast är relativt lågt samtidigt som hantering och återvinning av plast är komplex och kostsam (Dalmijn och Jong, 2007). Därför är projektet inte begränsat till enbart plast. Material såsom koppar och aluminium för vilka det finns ett helt annat värde och efterfrågan kommer att undersökas, dock inte i samma utsträckning som plasten.

När det gäller möjligheter att öka materialåtervinning av plast har tidigare studier tittat på hur man kan sortera ut plasten ut fluff-fractionen (Subramanian, 2016). Det finns dock lite forskning som tittar på möjligheter för att demontera plastdetaljer direkt för återvinning, vilket är vad detta projekt fokuserar på.

Förprojektets syfte

Syftet med projektet är att utveckla en långsiktigt hållbar affärsmodell och att identifiera en konceptuell teknikplattform som möjliggör en ökad andel lokal förädling av material för återvinning i svensk bildemontering. Med hållbarhet menas lönsamhet, miljöpåverkan och återvinningsgrad. En konceptuell teknikplattform handlar om att specificera vilka typer av utrustningar och krav på dessa som behövs för att affärsmodellen ska kunna realiseras. I Förprojektet ingår Walters Bildelar AB (Walters), Eklunds Bildelager AB (Eklunds), Swerea IVF AB (Swerea) och Stiftelsen Chalmers Industriteknik (CIT).

Projektet har följande delmål: 1) Ta fram ett antal troliga scenarion för den framtida marknadsutvecklingen för återvunna bilplaster i olika förädlingssteg. Dessa ska ge en indikation på vilka plasttyper och förädlingsnivåer som har bäst förutsättningar att bidra till ett positivt kassaflöde. 2) Generera testresultat som visar vilken kvalitet som kan uppnås för olika förädlingsnivåer av den sortens plast som kan demonteras i signifikanta mängder från en bil. 3) Visa vilken teknikplattform samt vilka förädlingsprocesser/försörjningskedjor som har störst lönsamhetspotential och är hållbara från ett miljöperspektiv. 4) Svar på vart ett innovationsprojekt ska fokusera för att möjliggöra de mest lovande scenarierna för ökad materialförädling i svensk bilåtervinning.

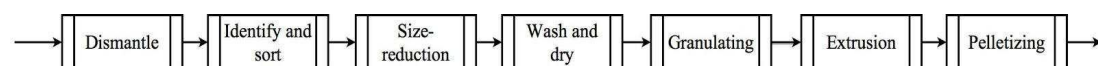
Scope

Huvuddelen av förprojektet handlar om att ta fram scenarios avseende hur långt en demonterare kan/bör gå i förädlingsprocessen av plast. Svaret på denna fråga är till mångt och mycket avhängt på det pris man kan förväntas få för produkten samt kostnader förknippat med att nå den produkt som efterfrågas. Gällande prisuppskattningar har vi framförallt fokuserat på potentiella kunder på den svenska marknaden. Gällande investeringskostnader i utrustning och maskiner har vi däremot intervjuat leverantörer i Europa såväl som Kina.

Figur 1 visar på de olika aktiviteterna som typiskt ingår i förädlingsprocessen av plast. Som ett första steg måste plasten sorteras (Reycling, 2018). Plast innehåller huvudsakligen en eller flera polymerer som blandats med tillsatser (så kallade additiv). Just sorteringsarbetet kan vara tidskrävande och det är ofta en problematik var i en försörjningskedja denna aktivitet ska göras. Vermeulen et al (2012) menar på att det från ett miljöperspektiv är bäst att demontera plasten direkt vid källan (alltså hos demonteraren) men det gäller att detta moment inte tar för mycket tid om det ska gå att motivera från en ekonomisk synvinkel.

Nästa värdeadderande aktivitet består i att storleksreducera plasten (20-40 mm) och i samband med detta steg kan man med fördel separera metaller från plasten. Därefter behöver plasten (i alla fall när det handlar om post-konsument plast) tvättas för att avlägsna fett och damm från plastytan. Även i detta steg kan en separering av annat material genomföras. Plasten torkas och den torkade plasten kvarnas/granuleras vilket består av en ytterligare storleksreducering där plastbitarna reduceras till 8-15 mm bitar. I nästkommande steg värms den kvarnade plasten upp till smältpunkten och blandas med tillsatser (kompundering) för att sedan pressas med hjälp av en skruv (så kallad extrudering) genom ett filter (smältpulverering). Det sista steget i förädlingsprocessen av plast är att de långa strängarna klipps av till små runda plastkorn, så kallade pellets.

Pelletsen kan användas i olika produktionsprocesser exempelvis formsprutning, formblåsning och filamentsträngssprutning. Fokus i projektet ligger på förädlingsprocessen, varför det är naturligt att stoppa efter att plast blivit till pellets. Som en konsekvens av att 3D printing blivit allt mer populärt och då man kan få bra betalt för plastfilament valde vi dock att testa att tillverka filament av plasten och titta på marknaden för filament samt utrustning tillgänglig för att ta fram filament. Under detta produktionssteg smälts plastpelletsen ner och omvandlas till en tråd som rullas upp på en spole eller rulle. Viktigt att poängtera är att detta inte har undersökt i samma utsträckning som de övriga förädlingsstegen i termer av marknadsundersökning och teknikplattform.



Figur 1: Typiska aktiviteter i förädlingsprocessen av plast.

Genomförande

I detta kapitel beskrivs de olika arbetspaketen i projektet, vilka metoder som används och de olika projektdeltagarnas roller.

AP1 Projektledning: Syftet med AP1 har varit att säkerställa att budget och tidsplan hållits samt att ansvara för kommunikation och spridning av resultat. CIT har varit projektledare för förprojektet. Inom ramen för AP1 har regelbundna avstämningsmöten med samtliga projektpartners genomförts. Vidare har resultat längst vägen diskuterats vid telefonavstämningar. Resultat har presenterats på plats hos Walters och Eklunds tillsammans med deras personal för att sprida och diskutera resultat.

AP2 Scenarieanalys: Syftet med AP2 har varit att skapa en förståelse för hur en ökad förädling av material från ett uttjänt fordon påverkar en bildemonteringsverksamhet som helhet. CIT har ansvarat för datainsamling, framtagande av scenarier och simuleringar. Förutom personal inom CIT har även två examensarbetare hjälpt till i AP2. Walters och Eklunds har bistått i arbetet med att identifiera bildelar av intresse att demontera för ökad förädling samt ansvarat för att demontera, rensa och sortera valda plastdetaljer. Swerea har hjälpt till med sin expertis kring plaståtervinningsprocessen.

Datainsamlingen har bestått av: 1) Intervjuer och observationer hos Walters och Eklunds kring önskemål och förutsättningar för förädling av olika material. 2) Litteraturstudier kring marknadsutvecklingen för återvunna bilplaster i olika förädlingssteg, 3) Intervjuer med Swerea för att förstå de olika stegen i en plaståtervinningsprocess, 4) Intervjua potentiella leverantörer av utrustning för förädling av olika material (Appendix A presenterat antal intervjuer och typ av kund), och 5) Input från AP4, kundkrav och prisuppgifter.

Dataanalysen har bestått i att ta fram scenarier för framtida förädlingsprocesser och försörjningskedjor. Scenarierna har tagits fram av CIT och diskuterats med Swerea, Walters och Eklunds. Input till simuleringen har bestått av: 1) Prisuppgifter och kravspecifikation från potentiella kunder (AP4), 2) Prestanda och kostnader för maskiner och utrustning, 3) Uppgifter kring bildemonteringsverksamheten. Simuleringen genomfördes i simuleringssystemet Simul8 där respektive scenarios lönsamhet togs fram på tre och fem års basis.

Inom ramen för AP2 samlades sju plast-fraktioner á 1 kg per fraktion (se avsnitt Resultat och diskussion) in hos Walters och Eklunds som efter demontering och rensning skickades till Swerea för test och analys. Fraktionerna delades in med avseende på plasttyp och typ av produkt. En del fraktioner delades även in i en ”orensad” och ”rensad” fraktion. Hos de fraktioner som innefattade ett relativt tidskrävande rensningsarbete hos demonteraren ville vi se hur mycket medarbete en orensad fraktion betydde i förädlingsprocessen samt om det fick några konsekvenser på testresultaten.

AP3 Tester av återvunnen och förädlad plast: Syftet med AP3 har varit att utvärdera vilken kvalitet som kan uppnås för olika plastdetaljer och Swerea har ansvarat för detta AP.

Den plast som kom in till Swerea togs om hand på följande sätt: 1) Storleksreducering, 2) Tvätt, 3) Storleksreducering, 4) Smältfiltrering och pelletering (för varje fraktion så formsprutades stavar för mekanisk provning utan att ha blivit smältfiltrerade, för jämförelse), 5) Formsprutning, 6) Mekanisk provning, 7) XRF-mätning¹ (endast smältfiltrerade fraktioner), 8) Tillverkning av filament (endast en fraktion av respektive polymer, ABS, PP och PE), 9) Tillverkning av prototyp genom additiv tillverkning.

Det första steget innebar att fullstora detaljer sågades itu i en bandsåg till bitar omkring 15x15 cm. I samband med det rensades eventuella metall bort, även gummidelar avlägsnades för de fraktioner som benämns som rensade. I steg två tvättades bitarna i en cementblandare. Cementblandaren fylldes med varmt vatten (ca 60 °C) blandat med ett alkaliskt lösningsmedel och snurrade sedan runt i några minuter. Efter en första tvätt sköljdes bitarna i varmvatten. En andra storleksreducering skedde, där bitarna gick igenom en kvarn för att reduceras ner till cirka 5x5 mm. Vid smältfiltrering användes olika processparametrar beroende på material. Skillnaden mellan rensade och orensade fraktioner kan ses här, för de rensade kan ett finare filter användas då det inte fylls upp lika snabbt med de gummidelar som rensade bort. Processparametrar kan ses i Appendix B.

För att implementering på industriell skala ska vara genomförbar bör en matning på 6-7 kg/h under 8-10 minuter kunna ske. Går det inte behöver antingen temperaturen ökas, eller ett grövre filter användas. Efter smältfiltrering så pelleterades materialet. Stavar enligt ISO 527 formsprutades och testades genom drag- och slagprov (ISO 527 respektive 179), (se resultat i Resultat och Diskussion samt Appendix I för mer detaljer). Slagproven genomfördes på skårade stavar i rumstemperatur (23 °C) samt kyla (-20 respektive -30 °C beroende på polymer).

AP4 Marknadsundersökning: Syftet med AP4 har varit att ta reda på var de potentiella kunderna finns och hur deras kravbild ser ut. CIT har ansvarat för datainsamlingen som bestått av intervjuer med 26 potentiella kunder på framförallt den svenska marknaden (Se Appendix A). Varje intervju tog mellan 25-40 minuter och vi följde en intervjumall som byggde på tre olika kundkategorier (Appendix C): 1) Insamlare, företag som tar emot plast för vidare förädling, 2) Plaståtervinnare, företag som tar emot/köper in plast för att ta fram pellets och 3) Plastföretag, företag som köper in återvunnen råvara till sin produktion. De potentiella kunderna hittades genom befintliga nätverk och google-sökningar. Dessutom fick vi via intervjuer med kunder kontaktuppgifter till andra potentiella kunder. Av de 26 potentiella kunderna var sju företag intresserade av plast som kommer från uttjänta bilar. Många av de vi intervjuade var inte intresserade av post-konsument plast utan endast produktionsspill eftersom spill inte blandats, åldrats eller haft olika tillsatser och därmed är lättare att hantera.

¹ Handlar om att man undersöker om det finns några reglerade kemikalier såsom brom, krom osv.

AP5 Miljöpåverkansbedömning inklusive arbetsmiljöbedömning: Syftet med AP5 har varit att säkerställa att förädlingsprocesserna leder till ökad miljöprestanda för de scenarios som utvärderas samt demonstrera förväntade miljöfördelar. Swerea har ansvarat för AP5 och metoden som används har varit förenklad LCA- analys.

Resultat och diskussion

I detta kapitel beskrivs och diskuteras resultaten från datainsamlingen och dataanalysen. Kapitlet är indelat i tre avsnitt: 1) Identifiering och analys av material/produkter som lämpar sig att demontera för återvinning, 2) Kundkrav och teknikplattform och 3) Scenarios för framtida förädlingsprocesser för en ökad andel lokal förädling av material för återvinning. Avsnitt ett består av resultat från AP2 och AP3 medan avsnitt två består av resultat från AP2 och AP4. Resultaten från avsnitt ett och två är input till avsnitt tre som också kopplar an direkt till syftet med förprojektet. I avsnitt tre kommer även AP5 in i bilden eftersom scenarierna utvärderas från ekonomisk såväl som miljömässig synvinkel.

Identifiering av material/produkter som lämpar sig att demontera för återvinning

Med hjälp av resultat från tidigare studier samt diskussioner med Walters och Eklunds valdes sex plastdelar ut som särskilt intressanta att demontera för återvinning: stötfångare, innerskärmar, hasplåt, bränsletank, spolarvätskebehållare, expansionskärl (Appendix D visar bilder på de sex plastdelarna). Tabell 2 anger typ av plast, vikt, antal och vikt/år för Walters och Eklunds för respektive plastdel. Som synes i tabellen är samtliga bildelar polyeten (PE) eller polypropen (PP). Plastdelarna valdes ut utifrån följande kriterier (Cullbrand et al, 2015):

1. *Förväntad efterfrågan och ekonomiskt värde:* PE är den plast som globalt har de största produktions- och processvolymerna årligen och PP en av de fem produktionsvolymmässigt viktigaste plasttyperna i Europa.
2. *Åtkomst och demonteringstid:* De valda delarna kan med enkla verktyg eller handkraft demonteras utan svårigheter. Eftersom delarna sitter på bilens exteriör kan det förekomma en del damm och smuts. För bränsletank och spolarvätskebehållare finns en utmaning kopplat till arbetsmiljön i form av att hantera delarna utan att spilla ut vätska.
3. *Föroreningsgrad i form av andra plaster:* Användning av PP och PE är vanligt för ett större antal delar. Blandningar av PP med EPDM² och TD³ kan nästan ses som standard för stötfångare på samma sätt som PE (HDPE⁴) kan ses som standard för bränsletankar.

² EPDM står Ethylene Propylene Diene M-class och kallas ibland för etenpropengummi. Det är en typ av syntetisk gummi.

³ TD står för talk

⁴ HDPE står för Högdensitetspolyeten medan LDPE står för lågdensitetspolyeten (SPIF, 2018)

4. *Förväntad påverkan på återvinningsgraden*: Av de material som idag inte återvinns i någon större utsträckning har stötfångare, hasplåt och innerskärmar störst effekt på återvinningsgraden.

De identifierade sex plastdelar samlades in och analyserades i nedan fraktioner som presenteras tillsammans med resultat från testerna hos Swerea:

- *Bränsletank rensad PE*. För denna fraktion avlägsnades pump och skvalpskydd. Tyvärr gick det inte att köra bränsletanken i Swereas process eftersom materialet var för segt vilket resulterade i att knivarna i kvarnen/granuleringsmaskinen inte orkade ta sig igenom bitarna. En shredder skulle kunna lösa problemet då den sliter sönder materialet, vilket också är det som kommer användas i en verklig process, så begränsningen ligger hos utrustningen på Swerea. Bränsletanken består av HDPE, ett material det råder stor efterfrågan på. Dock ska man ha med i åtanke att bränsletanken luktar och detta är någon man behöver hantera i återvinningsprocessen. Materialet kommer mest troligen lämpa sig för produkter avsedda att användas utomhus.
- *Hasplåt och Innerskärmar rensade PP*. För denna fraktion rensades eventuellt skumgummi bort. Resultat från Swerea visar att fraktionen skulle kunna användas för att tillverka standard formsprutningskvalitet av återvunnen PP.
- *Hasplåt och Innerskärmar rensade PP/PE*. Denna fraktion tillkom under sorteringsarbetet då vi insåg att hasplåt och innerskärmar inte alltid består av PP som vi först trodde utan också kan bestå av PP/PE. För denna fraktion rensades eventuellt skumgummi bort. Blandfraktioner är alltid svåra att handskas med då man i ett återvinningsperspektiv vill använda så rena material som möjligt, därför är det svårt att dra några slutsatser om fraktionen.
- *Stötfångare rensad PP*. För denna fraktion rensades kablar, skumgummi och grill bort. Resultat från Swerea visar att, i likhet med hasplåt och innerskärmar, kan fraktionen användas för att tillverka standard formsprutningskvalitet. På grund av lackrester kommer den dock inte kunna användas för applikationer där det finns högre krav på ytfinish, utan att ha genomgått en avlackeringsprocess. Filament tillverkades av fraktionen och försök till 3D-printing lyckades, en enkel cylinder samt början av ett litet skepp tillverkades, bilder återfinns i Appendix E. Skeppet kunde inte göras klart då materialet tog slut. Fraktionen visar med andra ord potential, men det finns fortfarande flertalet problem att lösa innan det skulle gå att implementera i större skala.
- *Expansionskärl och Spolarvätskebehållare rensad och orensad PE*. Ett potentiellt område för återanvändning av fraktionen är tillverkning av extruderingskvalitet av PE, som främst används inom rörindustrin. Försök till tillverkning av filament gjorde av den rensade fraktionen men misslyckades.
- *Expansionskärl och Spolarvätskebehållare rensad och orensad PP/PE*. I likhet med hasplåt och innerskärmar tillkom denna fraktion under

sorteringsarbetet då spolarvätskebehållare och expansionskärl inte alltid består av PE utan också kan bestå av PP/PE. I likhet med blandfraktionen hasplåt och innerskärmar är även den här svår att återvinna. Resultaten skiljer sig inte nämnvärt mellan rensade och orensade fraktionen.

Vi lade även till en fraktion, inredningsdetaljer, trots att vi kände till att denna fraktion typiskt består av en mix av plaster och att demonteringen ofta innebär att demonterare får arbeta i obekväma ställningar. Vi valde dock att ta med denna fraktion eftersom: 1) Det finns en stor efterfrågan på Akrylnitrilbutadienstyren (ABS) i additiv tillverkning och 2) Inredningsdetaljer ofta är relativt rena då de sitter interiört. Gällande inredningsdetaljer sorterades endast plastdelar som enbart innehöll ABS ut. Filament tillverkades av ABS-fraktionen och en enkel cylinder kunde tillverkas utan problem, bilder återfinns i Appendix E. Även mer komplicerade produkter borde kunna tillverkas. Med andra ord finns det potential för att enkelt kunna implementera filamenttillverkning av fraktionen i en större skala. Fraktionen skulle också kunna användas för att tillverka formsprutningskvalitet av återvunnen ABS. XRF tester visade att samtliga fraktioner är godkända, alltså ligger under gränsvärdet för vad som är tillåten mängd grundämnen såsom bly, kadmium, nickel, krom, kvicksilver, brom, koppar, titan, järn och klor (Se Appendix F för mer detaljer).

Plastdel	Vikt per plastdel (kg)	Antal plastdelar i bilen	Kg/år hos Walters (2500 bilar)	Kg/år hos Eklunds (3300 bilar)
Stötfångare (PP)	5.6 (fram) och 4.4 (bak)	2	25,000	33,000
Innerskärm (PP)	1.2	4	12,000	15,840
Hasplåt (PP)	1	1	2,500	3,300
Bränsletank (PE)	11.4	1	28,500	37,620
Spolarvätskebehållare (PE, PP/PE)	0.8	1	2,000	2,640
Expansionskärl (PE, PP/PE)	0.5	1	1,250	1,650

Tabell 2: Plastdelar som demonterades för återvinning

Vi undersökte också intresset för att plocka ut koppar och aluminium för lokal förädling hos demonteraren. Redan idag demonterar Walters och Eklunds följande bildelar som säljs direkt till återvinnare eftersom det ger bättre betalt än om de sitter kvar på karossen: elmotorer, kablage, växellådor, generatorer, startmotorer, fälgar. Aluminium är en av de metaller man sparar mest energi på att återvinna och koppar är på grund av dess höga värde den icke-ädelmetall som procentuellt sett återvinns mest i världen och den tredje mest återvinna metallen sett till total volym (Henryson och Glodmann, 2007). Fördelen med dessa bildelar är att de är lätta att identifiera

och att det går att demontera dem maskinellt. Både Walters och Eklunds har investerat i en grävmaskin som gör demontering och hantering relativt enkel.

Det bör påpekas i sammanhanget att en ökad förädling av dessa bildelar hos demonteraren inte har någon större påverkan på miljön eftersom de återvinns även i det fall de följer med karossen till fragmenteringsanläggningen. Motivet till att undersöka möjligheter för ökad förädling av dessa material är med andra ord framförallt ekonomiska. Efter diskussioner med Eklunds och Walters valde vi att fokusera på kablage. Motiven till detta är att: 1) Priset på koppar är högt och ren koppar har ett dubbelt pris gentemot att sälja kablaget som det är. 2) Kablage är lätt att demontera och kommer i relativt stora volymer, ca 10-15 kg kablage per bil (58000-87000 kg/år för Walters + Eklunds). 3) Teknikplattformen för att ta fram ren koppar från kablage finns tillgänglig och är relativt enkel (ställer inte så höga krav på verksamheten i termer av plats, expertis, arbetsmiljö).

Kundkrav och teknikplattform

Från intervjuer med insamlingsföretag, plaståtervinnare och plastföretag kunde vi identifiera fem olika kundkategorier (se Tabell 3) baserat på följande variabler:

- 1) **Produkt.** Plast kan säljas som oförändrad produkt (ingen förädling), shreddad plast (storleksreducerad plast i bitar om 20-40 mm), kvarnad/granulerad plast (tvättad och storleksreducerad plast i bitar om 8-15 mm), pellets (små runda plastkorn) eller filament (tråd på rulle).
- 2) **Plasttyp.** De plasttyper vi tittat på är PP, PE, PP/PE. För ABS har vi inte kontaktat någon potentiell kund utan endast inkluderat denna plasttyp i produkten filament.
- 3) **Efterfrågan.** Denna variabel sträcker sig från låg till hög och baseras på hur många potentiella kunder som var intresserade av återvunnen plast och i vilken omfattning.
- 4) **Kvalitet.** Denna variabel sträcker sig från låg till hög och baseras på hur höga krav kunderna har på plastkvaliteten när den köps in., dvs hur känslig kunder är för förekomst av olika plasttyper, metaller, gummi, smuts etc.
- 5) **Pris.** Avser det pris som kunden kan tänka sig att betala förutsatt att produkten håller den kvalitet som kunden efterfrågar.

Tabell 3 sammanfattar variablerna för respektive kundkategori. Som kan utläsas ur tabellen ökar kvalitetskrav och pris med en ökad förädlingsgrad. Däremot finns det (i Sverige) en större efterfrågan på produkter som inte kommit lika långt i förädlingsprocessen. För kundkategori 1-2 rör det sig typiskt om större så kallade insamlingsföretag som samlar in, storleksreducerar, tvättar och säljer kvarnad plast vidare till materialåtervinnare. Dock så finns det insamlingsföretag som också återvinner plasten och säljer pellets vidare till plastföretag. För kundkategori 3 rör det sig typiskt om så kallade företag som köper in kvarnad plast, återvinner och säljer denna plast vidare till plastproducenter. Dock finns en del plaståtervinnare som inte bara återvinner utan också tillverkar plastprodukter. För kundkategori 4 rör det sig

typisk om plastföretag som tillverkar produkter av plastråvara. För kundkategori 5 rör det sig typiskt om slutkonsumenter som köper filament till 3D printing.

Kund-kategori	Produkt	Efterfrågan	Kvalitet	Pris (SEK/kg)			
				PP	PE	ABS	PP/ PE
Kundkategori 1	Oförändrad/i befintlig form	Hög	Låg	1.5–3	1.5–2.5		
Kundkategori 2	Shreddad (storleksreducerad, 20-40 mm)	Hög	Låg-Medium	2.5–4	1.5–2.5		
Kundkategori 3	Kvarnad/granulerad (tvättad och storleksreducerad 8-15 mm)	Låg	Medium-Hög	4–5	4–6.5 ⁵		3
Kundkategori 4	Pellets	Låg-Medium	Medium-Hög	14–16			
Kundkategori 5	Filament	-	-	150–300			

Tabell 3: De fem identifierade kundkategorierna för återvunnen plast

Gällande kund för koppar är detta typiskt en skrothandlare. Det finns inget intresse av att ”hoppa över” någon aktör i kedjan, såsom att sälja material direkt till smältverken istället för att gå via en skrothandlare. Snarare handlar det om att göra materialet renare och få bättre betalt från skrothandlare. Detta eftersom smältverken kräver kontinuerliga leverans av större volymer, vilket är svårt/omöjligt för en enskild monterare att tillgodose. Gällande efterfrågan på koppar har vi av hänsyn till sekretess inte tagit med några uppgifter. Dock kan sägas att priset för ren koppar ökar avsevärt gentemot priset för kablage.

Förutom kundkrav är teknikplattformen en viktig input till scenarierna. Utrustning som behövs i de olika förädlingsstegen som nämns i ”scopet” av rapporten för plast är:

- **Steg noll:** Ingen värdeadderande aktivitet i processen utan handlar om att öka fyllnadsgraden under transport för en ”oförändrad” produkt genom att pressa ihop materialet med hjälp av en balpress.
- **Steg ett:** En shredder används för att storleksreducera plasten till 20-40 mm bitar. Finns enaxlad eller dubbelaxlad shredder där den enaxlade skär ner materialet mot en stationär kniv och den dubbelaxlade använder två motrotationsaxlar som skär emot varandra. Dubbelaxlade shredders är mer

⁵ Kan tyckas märkligt att priset för PE är högre än PP gällande kvarnad plast då de för övriga produkter är PP som har högst pris. Detta beror på att en av de kunder vi pratade med kunder tänka sig att betala väldigt högt för transparent PE.

effektiv vid rivning av skrymmande material. Många shredder innehåller en metalldetektor för att avlägsna metall från plast.

- **Steg två:** En tvättutrustning används för att tvätta och torka de shreddade plastdelarna. Här kommer även plast separeras från annat material (material med en densitet $< 1\text{g/cm}^3$).
- **Steg tre:** En kvarn eller granulator används för att storleksreducera plasten till 8-15 mm bitar. En kvarn/granulator har hög hastighet och lågt vridmoment till skillnad från en shredder som har låg hastighet och högt vridmoment.
- **Steg fyra:** En extruder används för att ta fram plaststrängar, kompundera och smältfiltrera plasten.
- **Steg fem:** En pelletizer används för att klippa ner strängen till små runda plastkorn, så kallade pellets.
- **Steg sex:** Filament extruder används för att tillverka den plasttråd som rullas på spole och säljs som material för 3D printing.

Utrustning som behövs för att förädla koppar är:

- **Steg ett:** En shredder för att storleksreducera kablage.
- **Steg två:** En kvarn/granulator för att särskilja plast från koppar. Resultatet är 99,5% ren koppar, redo att säljas till skrothandlaren.

Appendix G sammanfattar information från de leverantörer som intervjuades i termer av typ av utrustning, pris, energiförbrukning och kapacitet. Vid val av utrustning har vi tänkt på följande: 1) Utrustning som inte kräver så hög kapacitet eftersom de volymer Eklunds och Walters kommer upp i inte är så stora. 2) Utrustning som ligger i de lägre prisklasserna. 3) Utrustning från samma leverantör i en och samma produktionslina. I samtal med leverantörer har vi förstått att det inte är att rekommendera att blanda utrustning i en lina från olika leverantörer (kan resultera till inkompatibilitet).

Scenarios

Baserat på förädlingsprocessen, kundkrav och alternativa teknikplattformar togs sex scenarios fram som utvärderades med hjälp av simulering. En del input är gemensam för alla scenarios medan annan input är skiljer sig åt för respektive scenario. Nedan presenteras scenario-gemensam input och antaganden. Därefter presenteras respektive scenario.

- Arbetskostnad: 400kr/h
- El-kostnad: 0.685 SEK/kWh
- Servicekostnad: 1) Balpress, Shredder och Kvarn/Granulator, 15000 SEK respektive. 2) Tvätt, Extruder och Pelletizer linje, 50000 SEK totalt.

- Transportkostnad: 1) 20 fot container inom Sverige, 25 SEK/km. 2) 20 fot container inom Tyskland, 3500 SEK per transport oavsett avstånd. Fyllnadsgraden för olika produkter. 1) Oförändrad produkt 3000 kg/container. 2) balad plast 9000 kg/container. 3) Shreddad 8000 kg/container⁶. 4) Kvarnad/granulerad, pellet och filament 12000 kg/container
- 11 bilar demonteras per dag. Vi har räknat på ett snitt mellan Walters och Eklunds när vi tittat på volym och också antagit att demonteraren är lokaliserad i Borås (mitt emellan Walters och Eklunds) när vi räknat på transportkostnader.
- Fraktionerna bestående av spolarvätskebehållare och expansionskärl är inte med i simuleringen på grund av: 1) Liten vikt per del vilket ger små volymer. Som kan utläsas av Tabell 2 väger spolarvätskebehållare 0,8 kg och expansionskärl 0,5 kg vilket motsvarar 2,81% och 1,75% av de plastdelar som valdes ut. 2) Tidskrävande sorteringsarbete, inte minst då de visade sig att dessa delar inte endast består av PE som vi först trodde.
- Fraktionen ABS är inte med i simuleringen då det är oklart hur stora volymer man kan komma upp i och hur mycket rensningsarbete som skulle krävas.
- Scenarierna har simulerats för 3 respektive 5 år. Vid jämförelser mellan scenarierna har vi tittat på 5 års intervallet där scenario 1a fungerar som referenspunkt.

Scenario 1a och 1b: Att sälja ”oförändrade” produkter

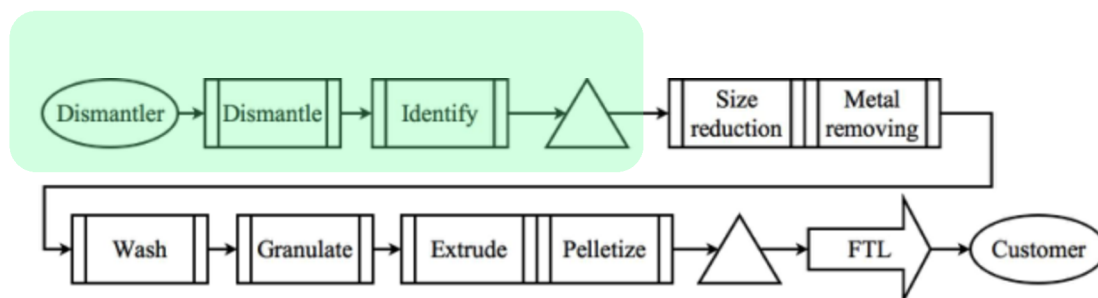
Scenario 1a handlar om att sälja produkterna som de är (Se figur 2). Detta scenario används som referenspunkt för de andra scenarierna. I simuleringarna har vi tittat på en kund i Sverige och en i Tyskland eftersom vi identifierat en kund i Tyskland som är intresserad av plast från uttjänta bilar och kan ta emot dem i oförändrad respektive shreddad form. Priset vi räknat med att respektive kund kan betala är: 2 kr/kg för PP respektive PE för den svenska kunden och 2,5 kr/kg för PP respektive PE för kunden i Tyskland. När man skickar produkten i oförändrad form blir fyllnadsgrader låga, vilket resulterar i höga transportkostnader för demonteraren. Som en konsekvens av detta kan man se i resultaten från simuleringen att man når en något högre vinst genom att sälja till den svenska kunden (Appendix H, tabell 1).

En variant av detta scenario är att bildemonteraren använder sig av en balpress för att få upp fyllnadsgraden under transport, scenario 1b. Komprimering av plasten adderar inte till förädlingsprocessen eftersom man bara lägger till ett extra steg i kedjan, vilket också återspeglas i pris från kund som är samma som för scenario 1a. Här har vi undersökt två olika alternativ: 1) En stationär balpress. Det genomsnittliga priset på en stationär balpress ligger på 250 000 SEK och har en kapacitet på 3000 kg/h och

⁶ Kan tyckas lite konstigt att shreddad produkt har lägre fyllnadsgrad än balpressad. Tydligt så pressas plasten så hårt att det inte blir mycket luft mellan plastdelarna. Det shreddade materialet blir ojämn i formen och tar således mer luft.

en strömförbrukning på 22 kWh. Som kan ses i Appendix H finns balpressar som ligger på över 1 miljon, dessa balpressar är automatiserade och sköter press och bindning automatiskt. Pga. det höga priset har vi inte tittat på detta alternativ. 2) En mobil balpress. Finns ingen leverantör som hyr ut en mobil balpress idag. Baserat på priser för stationär balpress och på vad en mobil balpress för mjukplast kostar att hyra har vi uppskattat att en mobil balpress skulle kosta 700 kr/ton.

Resultat från simuleringen visar att det är bättre att skicka plasten i ”oförändrad form” än att investera i en balpress, om man tittar på kronor per kilo (se Appendix H, tabell 2 där vinsten på 5 år ligger på 1,07 kr/kg i jämförelse med scenario 1a där kr/kg ligger på 1,53 för den svenska kunden samt 1,36 respektive 1,41 för den tyska kunden). Anledningen är det låga resursutnyttjandet som erhålls då balpressen har en hög kapacitet sett till den mängd plast som demonteras. Om man istället hyr en balpress så ökar vinsten i jämförelse med scenario 1a (se Appendix H, där tabell 3 visar att kr/kg för svensk kund ligger på 1,71 i jämförelse med 1,53 om man skickar produkten i ”oförändrad” form, tabell 1). Vinsten blir än högre om man skickar balpressat materialet till kund i Tyskland eftersom den ökade fyllnadsgraden får större effekt vid längre sträckor och då den tyska kunden betalar lite bättre. Sammanfattningsvis kan sägas att en mobil balpress är att föredra i jämförelse med att skicka plast i ”oförändrad form” eller att investera i en stationär balpress.

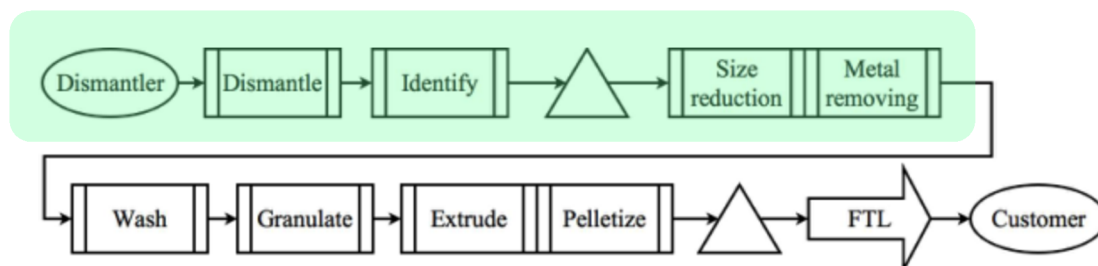


Figur 2: Aktiviteter i förädlingskedjan. Grön markering visar hur långt demonteraren går. FTL står för ”full truck load”.

Scenario 2: Att sälja shreddad produkt

Scenario 2 handlar om att sälja storleksreducerad plast i 20-30 mm bitar (Se figur 3). Även i detta scenario har vi en kund i Sverige och en i Tyskland. Eftersom plasten genomgått det första steget i förädlingsprocessen kan man få ett bättre pris för plasten. Priset vi räknat med att respektive kund kan betala är: 2,5 kr/kg för PP respektive PE för den svenska kunden och 3,5 kr/kg för PP respektive PE för kunden i Tyskland. Utrustning som krävs är en shredder och vi har undersökt två olika alternativ: 1) En stationär shredder. En låg kapacitets shredder å 100 kg/h kostar i genomsnitt 495 000 SEK. 2) En mobil shredder. Det finns ingen leverantör som hyr ut en mobil shredder i dagsläget. Vi uppskattar att det skulle kosta 800 SEK/ton att hyra en mobil shredder.

Resultat från simuleringen visar på en minskad vinst om man går från att sälja oförändrad produkt till storleksreducerad produkt med hjälp av stationär shredder (se Appendix H, tabell 4 och jämför med tabell 1 då ser man att för svensk kund når man -1,3 kr/kg i jämförelse med 1,53 kr/kg). Problemet är detsamma som för den stationära balpressen, för lågt resursutnyttjande. Om man istället hyr en shredder är vinstminskningen inte lika markant. Som kan utläsas i Appendix H tabell 5 ser vi att kr/kg ligger på 1,33 på 5 år för den svenska kunden och 2,14 kr/kg för den tyska kunden i jämförelse med scenario 1a, 1.55kr/kg respektive 1.41 kr/kg. Kontentan blir att även för detta scenario lönar det sig att gå på det mobila alternativet.



Figur 3: Aktiviteter i förädlingskedjan. Grön markering visar hur långt demonteraren går.

Scenario 3: Att sälja kvarnad/granulerad produkt

Scenario 3 handlar om att sälja granulat (se figur 4). En ökad förädling ger ett bättre pris men medför också en ökad investering i termer av en tvättlina och en granuleringsmaskin. För granulerad produkt har vi endast tittat på den svenska marknaden och priset ligger på: 4,5 kr/kg för PP och 6,5 kr/kg för PE. Eftersom det finns väldigt många olika leverantörer som erbjuder en ”lina” bestående av shredder, tvätt och kvarn har vi tittat på 3 alternativa teknikplattformar: 1) Kinesisk leverantör 1: kapacitet 1000 kg/h, pris 921 000 SEK, energiförbrukning 235 kW. 2) Europeisk leverantör: kapacitet 1500 kg/h, pris 8926000 SEK, energiförbrukning 515 kW. 3) Kinesisk leverantör 2: kapacitet 1000 kg/h, pris 1765000 SEK, energiförbrukning 310 kW. Vi har tagit in offerter från kinesiska leverantörer då utrustningen ligger i en helt annan prisklass men man bör ha i åtanke att det mest troligen är lättare att använda sig av en leverantör i Europa med tanke på närhet, tekniskt stöd och hög kvalitet.

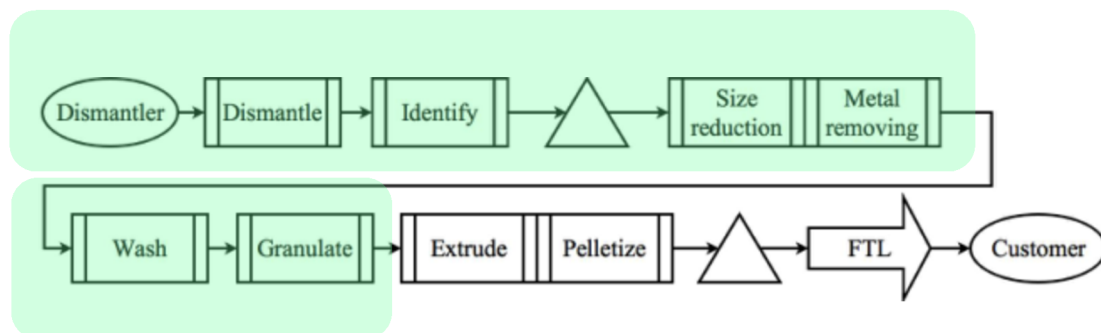
Teknikplattformarna har en kapacitet på runt 1000 kg/h och med Walters och Eklunds volymer kan vi inte nå en bra utnyttjandegrad med dessa teknikplattformar. Vi undersökte därför möjligheten att använda oss av en enklare tvättmaskin (med lägre kapacitet). Undersökningen motiverades ytterligare av att det framkom i intervjuer att tvättanläggningen, förutom att den adderar på investeringskostnaden rejält, tar upp mycket plats och är en högljud process. Att använda sig av en tvättmaskin för grovtvätt visade sig dock problematiskt på grund utav: 1) Man behöver hitta ett enkelt sätt att torka plasten och sortera ut plast från annat material. 2) Det är inte att rekommendera att blanda utrustning i en lina från olika leverantörer

(kan resultera till inkompatibilitet). På grund av detta är alternativet med en enklare tvättmaskin inte medtaget i simuleringen.

Resultat från simuleringen visar att det mest lönsamma scenariot är om man använder teknikplattformen från kinesisk leverantör 1 till följd av de relativt sett låga investeringskostnaderna (Appendix H, tabell 6). I jämförelse med scenario 1a når man en vinst på 1.87 kr/kg i jämförelse med 1.53 kr/kg (22% ökad lönsamhet). Viktigt att ha i åtanke är dock: 1) Att tvättlinan är förknippad med mer investeringar som vi inte räknat på (kräver mkt utrymme och bör ligga under tak). 2) Osäkerheter kring att köpa utrustning från Kina. Tittar man på alternativet att köpa utrustning från en europeisk leverantör gör man istället en minusaffär (-20.6kr/kg). Detsamma gäller om man köper utrustning från kinesisk leverantör 2, även om förlusten inte är lika stor som för den europeiska leverantören (-0,54 kr/kg).

Sammanfattningsvis, om man som demonterare skulle vilja sälja granulat bör man gå samman med flera demonterare för att få upp volymerna. Vi simulerade därför ett scenario där den totala volymen plast från Sveriges demonterare användes, vilket gav 820 bilar per dag. Transportkostnaderna för att samla in plasten från de olika demonteringsföretagen är inte medräknad. Räknar på detta skulle man för respektive teknikplattform få följande resultat på en fem års period (Se Appendix H tabell 7):

- 1) 140 725 280 kronor i intäkter och 28 758 289 kronor i kostnader => vinst på 111 966 991 kronor.
- 2) 148 220 618 kronor i intäkter, 38 220 062 kronor kostnader => vinst på 110 000 555 kronor.
- 3) 140 725 280 kronor i intäkter, 30 987 717 kronor i kostnader => vinst på 109 737 562 kronor.



Figur 4: Aktiviteter i förädlingskedjan. Grön markering visar hur långt demonteraren går.

Scenario 4: Att sälja pellets

Scenario 4 handlar om att sälja pellets (se figur 5) till kund i Sverige. Pellets av rätt kvalitet kan man sälja för 15 kr, PE och PP respektive. Genom att addera en extruder och en pelletizer till befintlig teknikplattform kan man nå en högre kvalitet på produkten och vi har tittat på 3 alternativa teknikplattformar som bygger vidare på

föregående scenario. Här anges kapacitet, pris och energiförbrukning för extruder och pellets respektive samt totalt för hela linan för de tre leverantörerna:

1) Kinesisk leverantör, kapacitet 200 kg/h, pris 507 000 SEK, energiförbrukning 280 kW. Totalt för linan, kapacitet 200 kg/h, pris 1428000 SEK, energiförbrukning 515 kW.

2) Europeisk leverantör, kapacitet 1500 kg/h, 14609000 SEK, energiförbrukning 900 kW. Totalt för linan 1500 kg/h, kostnad 23535000 SEK, energiförbrukning 1415 kW.

3) Kinesisk leverantör, kapacitet 800 kg/h, 1105000 SEK, energiförbrukning 363 kW. Totalt, kapacitet 800 kg/h, kostnad 2870000 SEK, energiförbrukning 673 kW.

Resultat från simuleringen visar (Appendix H, tabell 8) att teknikplattform 1 och 2 är lönsamma. Om man använder sig av kinesisk leverantör 1 ökar vinsten från 1,53 till 4.64 kr/kg i jämförelse med scenario 1a, vilket motsvarar en 203% lönsamhet. Om man använder sig av europeisk leverantör ökar vinsten från 1.53 till 4.28 kr/kg motsvarande 179% lönsamhet. Köper man in utrusning från kinesisk leverantör 2 hamnar man däremot på -53.14 kr/kg, vilket är en konsekvens av att teknikplattformen har en mycket högre kapacitet.

På samma sätt som för scenario 3 finns svårigheter kopplat till scenario 4 i form av:

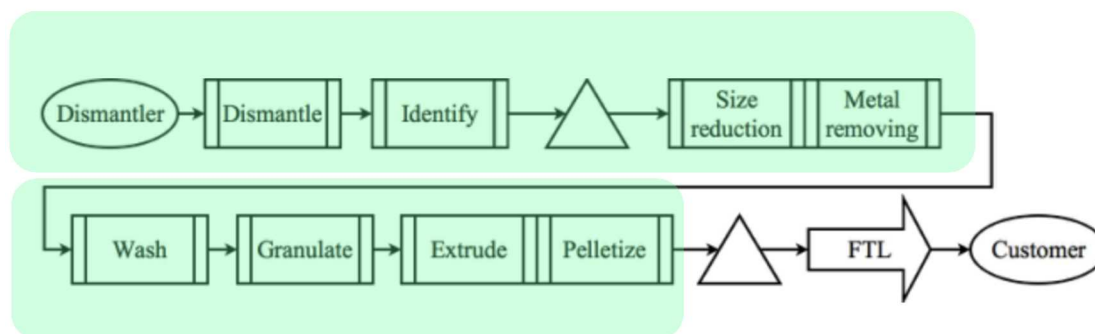
1) Krav på plats och högt ljud från tvättanläggning. 2) Osäkerheter att köpa in utrustning från Kina. 3) Krav på hög kompetens från personal. Antingen skulle man behöva träna upp befintlig personal eller ta in kompetens utifrån.

För att nå en hög utnyttjandegrad har vi på samma sätt som för scenario 3 räknat på volymer från samtliga Sveriges bildemonterare. Återigen räknade vi på 820 bilar per dag och nådde för de tre olika teknikplattformarna följande vinst på en fem års period (Appendix H, tabell 9):

1) 59 235 540 kronor

2) 316 527 793 kronor

3) 230 515 370 kronor.



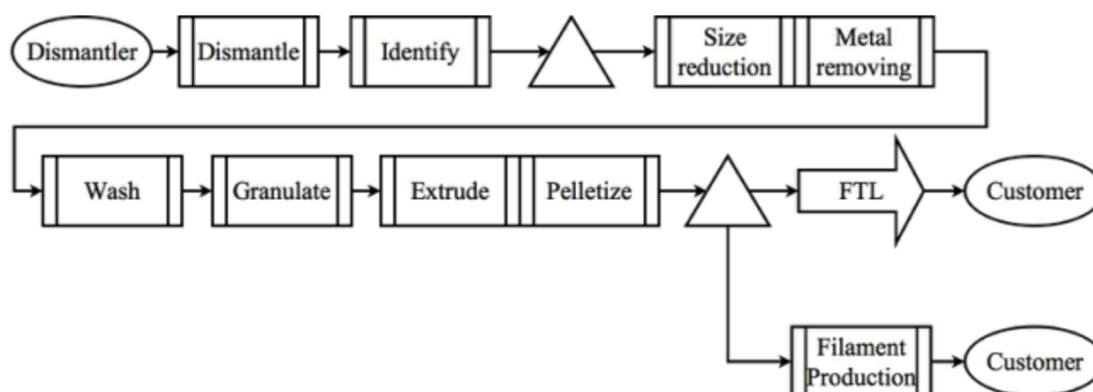
Figur 5: Aktiviteter i förädlingskedjan. Grön markering visar hur långt demonteraren går.

Scenario 5: Att sälja filament

Scenario 5 handlar om att sälja pellets och filament till kund i Sverige (se figur 6). Vi har räknat med siffran 150 kronor för PP, PE och ABS. Priset för filament av jungfrulig PP, ABS ligger högre men vi har uppskattat priset för återvunnen plast. Tanken med detta scenario är att investera i en liten filamentextruder och sälja filament över disk hos monteraren (eller på hemsida). Som ses i bilden har man då alternativ att sälja en stor del som pellets och en mindre del som filament.

Gällande det första steget i kedjan som avser att sälja pellets så har vi valt den teknikplattform från scenario 3 som hade lägst kapacitet och lägst pris, dvs den kinetiska leverantören med en kapacitet på 200 kg/h till en kostnad på 1,428,000 SEK. Till detta adderar vi en filamentextruder som har en kapacitet på 1 kg/h, kostnad på 42 000 SEK och en energiförbrukning på 0,4 kW.

Resultat från simuleringen visar (Appendix H, tabell 10) att vinsten ökar från 1.53 kr/kg till 8.42 kr/kg jämfört med scenario 1a, vilket motsvarar en vinst på 450%. Effekten är således väldigt hög. Vi har dock inte undersökt marknaden för användning av återvunnen plast som filament. Samma svårigheter gällande föregående aktiviteter som nämnts i scenario 4 gäller dessutom även här.



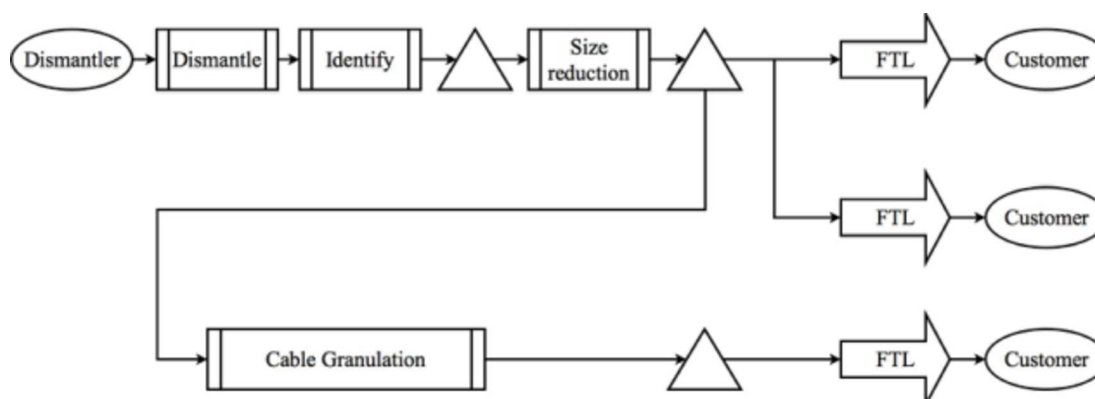
Figur 6: Aktiviteter i förädlingskedjan. Grön markering visar hur långt monteraren går.

Scenario 6: Att sälja koppargranulat i kombination med plast

I diskussion med Walters och Eklunds har scenario 2 valts som det rimligaste scenariot att gå vidare med gällande plasten. Anledningarna till att man inte vill gå längre i förädlingskedjan är: 1) Stora investeringskostnader. 2) Osäkerheter kring kompetens. 3) Ligger för långt utanför monterarnas kärnverksamhet. 4) Osäkerheter kring efterfrågan. Att man vill titta vidare på scenario 2 istället för att sälja produkter som de är/balpressat produkten är att man tillför värde i förädlingsprocessen då storreduceringen ändå är ett steg som måste göras. Valet motiveras ytterligare med att vinsten ökar om man köper in en mobil shredder i jämförelse med att skicka plasten som den är ("oförändrad form") eller balpressat plasten.

Som tidigare nämnt skulle vinsten kunna öka genom att man lyckades höja utnyttjandegraden på shreddern. Ett sätt att lyckas med detta är att kombinera förädling av plast med förädling av koppar. Scenario 6 kombinerar därför förädling av plast med förädling av koppar. Vi har räknat med priser från den tyska leverantörer vilket för shreddad plast ligger på 3,5 kr/kg för PP respektive PE. En shredder används sedan för att storleksreducera plast och koppar och vi har undersökt två alternativ: 1) En stationär shredder. Uppskattningsvis kostar en stationär shredder som kan ta både plast och kablage 1 000 000 SEK med en kapacitet på 400 kg/h och energiförbrukning på 67 kW. 2) En mobil shredder. Det finns inte någon leverantör som tillhandahåller denna tjänst men vi har uppskattat en kostnad på 800 SEK/ton. För koppar är tanken att gå vidare och storleksreduceras materialet ytterligare i en granuleringsmaskin. Kostnad för en granuleringsmaskin ligger på 400 000 SEK med en kapacitet på 800 SEK/ton och en energiförbrukning på 52 kW. Priset för koppar är högt men konfidentiell.

Resultat från simuleringen visar (Appendix H, tabell 11 och 12) att vinsten för plast ökar från 1.53 kr/kg (scenario 1a) till 2.04 kr/kg om man har en stationär shredder och med 1.53 kr/kg till 2.32 kr/kg med en mobil shredder. För att förstå effekten av den ökade utnyttjandegraden bör man jämföra resultat från scenario 6 med scenario 2, dvs stationär och mobil shredder som inte kombineras med kablage (låg utnyttjandegrad). Man kan då se att för stationär shredder ökar man vinsten från 0.89 till 2.04 kr/kg, vilket motsvarar en ökning på 129%. För en mobilshredder ökar man vinsten från 2.14 till 2.32 kr/kg, en ökning på 8%. Anledningen till att den stationära shreddern ger så pass mycket bättre vinst än den mobila shreddern, är att man i fallet med en mobil shredder hyr utrustningen när man behöver nyttja den och inte har tagit någon investeringskostnad. Vinsten om man investerar i en shredder ligger på 2,432,300 kr på en fem års period och om man hyr in en mobil shredder på 2,765,321 kr på en fem års period så skillnaden är inte speciellt stor utan valet bör baseras också på andra faktorer.



Figur 7: Aktiviteter i förädlingskedjan. Grön markering visar hur långt demonteraren går.

Miljöbedömning

De olika scenarierna innebär att plastdetaljerna antingen skickas direkt vidare för förädling någon annanstans eller att bildemonterarna förädlar plastdetaljerna själva i olika steg innan de säljer granulat, pellets eller filament.

De data som finns för miljöbedömning är vad detaljerna från bildemonterarna består av för olika plaster och deras vikt. Transportavstånd för olika scenarios finns och hur mycket energi, som åtgår för olika förädlingssteg. För jämförelse används dagens scenario, som innebär att plastdetaljerna följer med bilen till fragmentering och till största del används som bränsle i avfallsvärmeverk.

En förenklad livscykelanalys, LCA visar att miljöpåverkan ökar vid längre transporter och högre energianvändning, därför är det svårt att bedöma hur miljöpåverkan ser ut för de olika scenarierna, om bildemonteraren utför flera av stegen för att förädla plasten. Om bildemonteraren förädlar plasten innebär det mer energianvändning hos bildemonteraren genom de olika förädlingsstegen såsom shredding, granulering m.m. Transporterna kommer att ske oavsett förädling, så det är svårt att bedöma påverkan från dessa, några minskar och några tillkommer. Däremot kommer de scenarier, där bildemonteraren förädlar plasten i flera steg att innebära större resurseffektivitet, plasten kommer att återvinnas och användas igen istället för att gå till förbränning. Om bildemonterarna förädlar plasten kan det också innebära att vissa transporter minskar, då den kommer att förädlas på plats och därefter direkt till kund.

Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

I förprojektet har vi identifierat att det går att öka återvinningsgraden på plast, vilket är en viktig förutsättning för att nå de högt ställda återvinningsmålen, samtidigt som demonteraren kan öka sina materialintäkter. Mer specifikt är stötfångare, hasplåt, innerskärmar och bränsletank lämpliga att demontera för vidare förädling hos demonteraren sett till den kvalitet som kan uppnås, värde, volym, återvinningsgrad och demonteringstid.

Förädlingsprocessen av plast består av följande aktiviteter: sortering, resning, storleksreducering genom shredder, tvättning, storleksreducering genom kvarn/granulator, extrudering, pelletisering. Från demonterarens synvinkel ansågs det mest lämplig att investera i en shredder och sälja storleksreducerad plast till ett insamlingsföretag eller en materialåtervinnare som därefter tar sig an nästkommande aktiviteter. Även om priset ökar om man säljer en mer förädlad produkt krävs också större investeringskostnader och mer kompetens och därför var det i dagsläget inte ett alternativ för demonterarna. Genom att storleksreducera plasten ökar fyllnadsgraden, vilket förutom minskade transportkostnader har en direkt positiv påverkan på miljön.

Trots att Walters och Eklunds är två av de större demonteringsföretagen i Sverige är det svårt att nå en bra utnyttjandegrad på shreddern om man enbart

storleksreducerar de plastdelar som identifierats i förstudien. Vi undersökte därför möjligheten att använda utrustningen också för kablaget. Med tanke på att demonterare har ett behov av att öka sina materialintäkter begränsade sig inte förprojektet till plast. Kablage var den bildel som sett till värde, enkelhet att demontera och volym lämpade sig bäst för en ökad förädling hos demonteraren. Förutom att shredra kablaget är det ekonomisk fördelaktigt för demonteraren att gå steget längre i förädlingsprocessen och investera i en granuleringsmaskin som ger runt 99,5% ren koppar.

Resultaten från förprojektet är av stort intresse för Walters och Eklunds som kommer att titta över hur man rent praktiskt skulle kunna få till den föreslagna lösningen, dvs sälja shreddad plast och granulerad koppar. Bland annat behöver man fundera på om man ska köpa in en stationär shredder eller en mobil shredder. Investerar man i en stationär shredder kan man erbjuda andra demonterare tjänsten att förädla deras material. I dagsläget finns ingen aktör som hyr ut en mobilshredder men man skulle kunna tänka sig att flera demonterare går ihop och investerar i en mobilshredder för att öka utnyttjandegraden. Det är också viktigt att se över hur förädlingsprocessen skulle se ut hos demonteraren. Walters och Eklunds är två av tre demonterare i Sverige som investerat i en grävmaskin som används för att effektivisera verksamheten. Grävmaskinen används bland annat till demontering av kablage. Intressant att undersöka är om grävmaskinen också kan användas för demontering av plastdelarna och hur man kan automatisera flödet från demontering till storleksreducerat material så mycket som möjligt. Viktigt att notera är att de delar som valts ut är de "låg hängande frukterna". Det finns många bildelar som demonteraren, när man börjar bli lite varm i kläderna, kan öka förädlingsgraden på med föreslagen teknikplattform.

Om förslaget blir verklighet skulle det för Walters och Eklunds betyda att ca 165 ton som varje år går till förbränning istället skulle kunna materialåtervinnas. Tänker man sig att samtliga Sveriges demonterare skulle demontera identifierade plastdelar skulle det i stället handla om 5328 ton plast per år som kan materialåtervinnas istället för förbrännas. Att omvandla 1 kg plastavfall till 1 kg plastråvara kräver ca 0,5 kWh och i Sverige ligger Co2 utsläpp per kWh på ungefär 100g. För tillverkning av ny plastråvara krävs ungefär 40 gånger mer energi. Med andra ord skulle man spara runt 10 390 ton Co2 per år. Vidare skulle Walters och Eklunds kunna öka sin materialintäkt med några hundratusentals kronor per år genom att sälja granulerad koppar och shreddad plast istället för att sälja kablage och låta plasten följa med karossen (får ca 1kr/kg för karossen). Med tanke på de stora fördelarna miljömässiga och ekonomiska fördelarna är chanserna stora att fler demonterare kommer se en potential i att sälja shreddad plast och granulerad koppar. Detta innebär ökad resurseffektivitet och är ett steg mot en cirkulär ekonomi.

För att till fullo nyttja resultaten, dvs om man tänker sig att alla Sveriges demonterare ska börja sälja shreddad plast, behöver det mest troligen finnas en aktör som tar emot stora volymer av ELV plast och möjliggör ett effektivt insamlingsystem. I ett fortsättningsprojekt skulle det vara intressant att gå nedströms i kedjan och titta från ett insamlingsföretag och/eller materialåtervinnarens perspektiv. Hur långt kan/ska man gå i förädlingsprocessen av plast? Hur säkerställer vi att plast kommer in i rätt

kvalitet och kvantitet? En del av de potentiella kunder som vi kom i kontakt med under förprojektet har hittat sätt att lösa problem med att det ofta sitter metalldelar kvar på plasten med mera. Det är intressant att titta över hur potentiella kunder kan hitta lösningar för att hantera de utmaningar som finns kopplat till ELV plasten.

Idag följer plasten med karossen till fragmenteringsanläggningen där den blir en del av fluff-fraktionen. I Sverige går fluffen till förbränning men i en del andra länder sorteras plasten ut från fluffen och återvinns. Det skulle i ett fortsättningsprojekt vara intressant att ställa de båda alternativen mot varandra, demontera för återvinning eller återvinnig från fluffen. Det är inte alls säkert att den ena metoden utesluter den andra, istället kan det vara lämpliga under olika förutsättningar. Ett ytterligare intressant spår att undersöka vidare är filamentproduktionen. Det är tekniskt sett möjligt att skapa filament direkt från att plasten gått genom en shredder men detta kräver att plasten är ren och att man vet vad det är för plast. Värt att undersöka vidare är därför om det för demonteraren skulle vara intressant att investera i en filamentextruder och göra filament av ABS direkt efter att plasten storleksreducerats. I förprojektet tillverkades filament och försök till 3D printing lyckades vilket visat att det finns potential för att kunna implementera filamenttillverkning av fraktionen i större skala. Försök till 3D printing lyckades även för PP från stötfångare men för denna fraktion skulle man behöva gå igenom en tvättanläggning vilket skulle kräva större investeringar och därmed inte är aktuellt i nuläget. Slutligen så tar sorteringsarbetet överlag mycket tid då det är svårt att se på bilderna vilken plast den innehåller. Värt att studera vidare är utrustning för att identifiera plasttyp redan hos demonteraren.

Publikationslista

CIT har handlett ett examensarbete med titeln "Designing an efficient reverse logistics system for dismantlers in order to increase the recycling rates of plastics from end-of-life vehicles" som kommer att publiceras på Chalmers biblioteks hemsida. Examensarbetarna är Sahand Yari och Louise Fängström.

Projektkommunikation

Examensarbetet "Designing an efficient reverse logistics system for dismantlers in order to increase the recycling rates of plastics from end-of-life vehicles" skriven av Sahand Yari och Louise Fängström har presenterats på Chalmers och CIT. Vid presentation på Chalmers deltog studenter och lärare från mastersprogrammet Supply Chain Management och på presentationen på CIT deltog anställda inom CIT samt plastföretag.

Resultat från projektet har presenterats och diskuterats på Swereas höstmöte kring testbädden för plaståtervinning "ELV and forced feeding" där forskare och materialåtervinnare deltog.

Resultat från projektet kommer presenteras på Avfallsrådet och andra intressanta seminarier och branschdagar under 2018.

Referenser

Buekens, A. & Zhou, X. 2014, "Recycling plastics from automotive shredder residues: a review", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 16, no. 3, pp. 398-414.

Cullbrand, K, Fråne, A. Jensen C. "Utökad demontering av personbilar, utvärdering av demnterings- och fragmenteringsförsök av 220 personbilar, 2015, IVL Svenska Miljöinstitutet.

Dalmijn, W.L. & De Jong, T P. R. 2007, "The development of vehicle recycling in Europe: Sorting, shredding, and separation", *JOM*, vol. 59, no. 11, pp. 52-56.

Gerrard, J. & Kandlikar, M. 2007, "Is European end-of-life vehicle legislation living up to expectations? Assessing the impact of the ELV Directive on 'green' innovation and vehicle recovery", *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, no. 1, pp. 17-27.

Henryson, J & Glodmann, M. 2007. "Återvunnen råvara en god affär för klimatet". Återvinningsindustrierna.

SBR, Sveriges Bilåtervinnares Riksförbund, hemsida, 2018-01-30.
<http://www.sbrservice.se/branschinformation/skrotintyg/>

Subramanian, M.N. & Knovel. 2016, *Plastics Waste Management: Processing and Disposal*, iSmithers Rapra Publishing, Shrewsbury.

Vermeulen I, Caneghem JV, Block C, Vandecasteele C. 2012, Reuse, recycling and recovery of automotive materials in Belgium and in Europe: overview and sustainability assessment. In: International Workshop on 3R Strategy and ELV Recycling 2012, Nagoya, Japan, 19–21 September 2012.

Appendix A Intervjuer med potentiella kunder

Typ av företag	Kund	Lokalisering	Intervjuobjekt	Datum för intervju
Insamlare	A	Göteborg	-	10/31/2017
Insamlare	B	Malmö	CEO	11/2/2017
Återvinnare	C	Göteborg	-	10/31/2017
Återvinnare	D	Karlskoga	Founder	10/28/2017
Återvinnare	E	Malmköping	Founder	10/24/2017
Återvinnare	F	Lerum	-	10/27/2017
Återvinnare	G	Röstångarna	Sales/Marketing	10/24/2017
Återvinnare	H	Gislaved	Technical supervisor	10/24/2017
Plastföretag	I	Arvika	CEO	10/31/2017
Plastföretag	J	Strömsbruk	CEO	10/17/2017
Plastföretag	K	Knivsta	CEO	10/27/2017
Plastföretag	L	Anderstorp	CEO	10/31/2017
Plastföretag	M	Tranås	Sales/Marketing	10/16/2017
Plastföretag	N	Gislaved	Sales/Marketing	10/16/2017
Plastföretag	O	Ingmarsö	Sales/Marketing	10/17/2017
Plastföretag	P	Landskrona	Sales/Marketing	10/31/2017
Plastföretag	Q	Älgshult	CEO	11/2/2017
Plastföretag	R	Nyköping	CEO	10/17/2017
Plastföretag	S	Bromma	-	11/2/2017
Plastföretag	T	Göteborg	Sales/Marketing	10/16/2017
Plastföretag	U	Göteborg	-	10/16/2017
Plastföretag	V	Ystad	Sales/Marketing	10/4/2017
Plastföretag	W	Färjestaden	Sales/Marketing	10/4/2017
Plastföretag	X	Tyskland	Sales/Marketing	11/15/2017
Plastföretag	Y	Anderstorp	CEO/Sales	11/28/2017

Appendix B Processparametrar

Innehåll	Polymer	Temperatur [°C]	Matning [kg/h]	Filter [µm]	Tid till byte [min]	Max tryck [bar]
Spolarvätskebehållare och Expansionskärl (Orensad)	PP/PE	200	6	250	-	48
Spolarvätskebehållare och Expansionskärl (Orensad)	PE	200	3 / 3.5	500	8 / 5	100 / 100
Stötfångare	PP	230	- / 4.5 / 6	125 / 250 / 500	- / 4 / -	- / 100 / 44
Hasplåt och innerskärmar	PP	220	- / 6	125 / 250	- / -	- / 78
Spolarvätskebehållare och Expansionskärl (Rensad)	PE	200	4.5 / 5.5	250 / 500	- / -	90 / 90
Spolarvätskebehållare och Expansionskärl (Rensad)	PP/PE	220	6	125	-	52
Hasplåt och innerskärmar	PP/PE	220	6	125	11	100
Inredning	ABS	220	6	80	-	50

Tabellen visar temperatur, filterstorlek, matning och hur lång tid ett filter kunde användas innan byte. Vid ungefär 100 bar blir trycket så högt att filtret bör bytas.

Appendix C Intervjumall

Intervjuer av potentiella kunder för demonterare

Tre grupper av potentiella kunder kommer att intervjuas: Insamlare, materialåtervinnare och plastföretag.

1 Insamlingsföretag

1.1 Mottagande av plast

1. Vilka industrier tar ni emot plast från?
 - a. Var finns dessa industrier (Sverige, utomlands?)
 - b. Vilka typ av produkter och plastsorter
 - c. Köper ni idag/får ni in plast från bildemonterare?
2. Hur kommer plasten in till er?
 - a. Rena plastfraktioner
 - i. Hur sorterad är plasten i denna fraktion i så fall?
 - b. Brännbart
 - c. Blandat/osorterat
3. Hur långt i kedjan har plasten kommit?
 - a. Produktionsspill
 - b. Installationsspill
 - c. Använda produkter
4. I vilken form köper ni in återvunnen plast (pris/form)?
 - a. Hela delar
 - b. Balpressade delar
 - c. Shreddat
 - d. Kvarnat
 - e. Tvättat
5. Vad får företag betala/vad betalar ni för inlämnad plast? (beroende på fraktion, sortering osv)?

1.2 'Produktion'

6. Vilka aktiviteter utför ni för plast?
 - a. Sorterar
 - b. Tvättar
 - c. Förvarar
 - d. Storleksreducering (balad, shredder, kvarn etc.)
 - e. Regranulerar
 - f. Transport
 - g. Övrigt
7. Har ni funderingar på att ändra vilka aktiviteter ni utför i framtiden (tex utföra fler)?

1.3 Försäljning av insamlad plast

8. Vilka är era kunder av plastdelar/storleksreducerade/osv plast?
9. Vad har era kunder för krav för följande aspekter?
 - a. Ty av plast (PE/PP/Mixed)
 - b. Storlek
 - c. Tvättad?
 - d. Hur ren måste plasten vara (andra material, damm och smutspartiklar...)?
 - e. Form? (Flake, Granulate, Filament, etc.)

- f. Kvalitet
 - g. Volym
 - h. Färg och lack
 - i. Frekvens på leveranser
10. Vad är priset på plasten (beroende på typ, form osv)
 11. Hur har efterfrågan på plast ändrats de senare åren? Vad tror ni kommer att hända de kommande åren?

2 Materialåtervinnare

2.1 Inköp av återvunnen plastråvara

1. Vilka industrier tar ni emot plast från?
 - a. Var finns dessa industrier (Sverige, utomlands?)
 - b. Vilken typ av produkter och plastsorter (PP, PE etc.)
2. Hur långt i kedjan har plasten kommit?
 - a. Produktionsspill
 - b. Installationsspill
 - c. Använda produkter
3. Köper ni bara återvunnen plast eller också jungfrulig plast?
 - a. Hur stora volymer av respektive kategori köper ni varje år?
 - b. Har ni problem att få tillräckliga volymer med återvunnen råvara?
4. Hur många råvaru-leverantörer har ni? (återvunnen och jungfrulig)
5. I vilken form köper ni in återvunnen plast (pris/form)?
 - a. Hela delar
 - b. Balpressade delar
 - c. Shreddat
 - d. Kvarnat
 - e. Tvättat
6. Vad är era krav för följande aspekter?
 - a. Ty av plast (PE/PP/Mixed/osv)
 - b. Storlek
 - c. Tvättad?
 - d. Hur ren måste plasten vara (andra material, damm och smutspartiklar...)?
 - e. Form? (Flake, Granulate, Filament, etc.)
 - f. Kvalitet
 - g. Volym
 - h. Färg och lack
 - i. Frekvens på leveranser
7. Hur transporteras råmaterialet till er?
 - a. Typ av lastbärare
 - b. Fyllnadsgrad
 - c. Kostnad
 - d. Vem ansvarar och betalar för transporten?
8. Beskriv de fraktioner vi gör tester på nu och fråga om de skulle vara intresserade av att ta emot de analyser vi kommer att utföra eller om de skulle vilja ta emot testfraktioner för egna tester.

Fraktioner	Delar	Identifiering
1	Bränsletank	PE

2a	Expansionskärl & Spolarvätskebehållare	PE
2b	Expansionskärl & Spolarvätskebehållare	PP/PE
3	Stötfångare	PP
4	Hasplåtar och Inneskärmar	PP

2.2 Materialåtervinningen

9. Var finns er produktionsanläggning?
10. Vad gör ni med plasten?
 - a. Samlar in
 - b. Sorterar
 - c. Shreddar
 - d. Tvättar
 - e. Kvarnar
 - f. Regranulerar
 - g. Transporterar
 - h. Övrigt
11. Vad har ni för utrustning för att återvinna och/eller mala/kvarna samt tvätta plasten och hur går detta till?
12. Hur genomförs tester av plasten gällande densitet, renlighet och smältindex?

2.3 Försäljning av återvunnen förädlad plastråvara

13. Hur ser efterfrågan ut på återvunnen plast idag?
14. Vad är kostnaden för den återvunna plasten/jungfrulig plast?
15. Vilka kunder har ni? (antal och typ av industri)
16. Vad har era kunder för krav på plasten?
 - i. Ty av plast (PE/PP/Mixed)
 - j. Storlek
 - k. Tvättad?
 - l. Hur ren måste plasten vara (andra material, damm och smutspartiklar...)?
 - m. Form? (Flake, Granulate, Filament, etc.)
 - n. Kvalitet
 - o. Volym
 - p. Färg
 - q. Frekvens på leveranser
17. Vad använder era kunder plasten till för typ av produkter?
18. Hur transporteras plasten till kunder?
 - a. Typ av lastbärare
 - b. Fyllnadsgrad
 - c. Kostnad
 - d. Vem ansvarar och betalar för transporten?

3 Plastföretag

3.1 Inköp av plastråvara

1. Vilken typ av plast köper ni in? (PP, PE..)
2. Köper ni in återvunnen plast idag? Om inte varför då och vad skulle krävas för att ni började köpa återvunnen råvara?
3. Förutsatt att ni köper återvunnen plast, hur stora volymer jungfrulig kontra återvunnen råvara köper ni in?
4. Hur många råvaruleverantörer har ni och var finns de? (återvunnen och jungfrulig)
5. Vad är priset på jungfrulig och återvunnen plast?
6. För återvunnen plastråvara:
 - a. Har ni problem att få tillräckliga volymer med återvunnen råvara?
 - b. Vill ni på sikt köpa in mer återvunnen plast? Om ja, vad finns det för hinder för att ni inte gör det idag?
 - c. Skiljer sig inköpsprocessen för återvunnen och jungfrulig plast? (tex inköpsvolym, frekvens, osäkerheter, antal leverantörer osv)
 - d. Har ni krav på vilken typ av återvunna produkter som den återvunna plasten ska vara gjord av? (closed-loop)
7. Vad är era krav för följande aspekter (både för jungfrulig och återvunnen)
 - a. Storlek
 - b. Tvättad?
 - c. Form? (Flake, Granulate, Filament, etc.)
 - d. Kvalitet
 - e. Volym
 - f. Färg
 - g. Frekvens på leveranser
8. Hur transporteras råmaterialet till er?
 - a. Typ av lastbärare
 - b. Fyllnadsgrad
 - c. Kostnad
 - d. Vem ansvarar och betalar för transporten?

3.2 Produktion

9. För vilka produkter använder ni återvunnen plast?
10. Hur har produktionen påverkats av att ni använder både jungfrulig och återvunnen plast?
11. Vad använder ni för utrustning för tillverkning av plastkomponenter (formblåsning, formsprutning etc.)

3.3 Försäljning av produkter innehållande återvunnen plast

12. Vet era kunder om att ni har återvunnen plast i era produkter?
 - a. Hur tar de i så fall emot det?
13. Berättar ni att ni använder er av återvunnen plast i era produkter i marknadsföringssyfte?

Appendix D Bilder på valda plastdelar



Stötfångare





Bränsletank



Innerskärm



Hasplåt



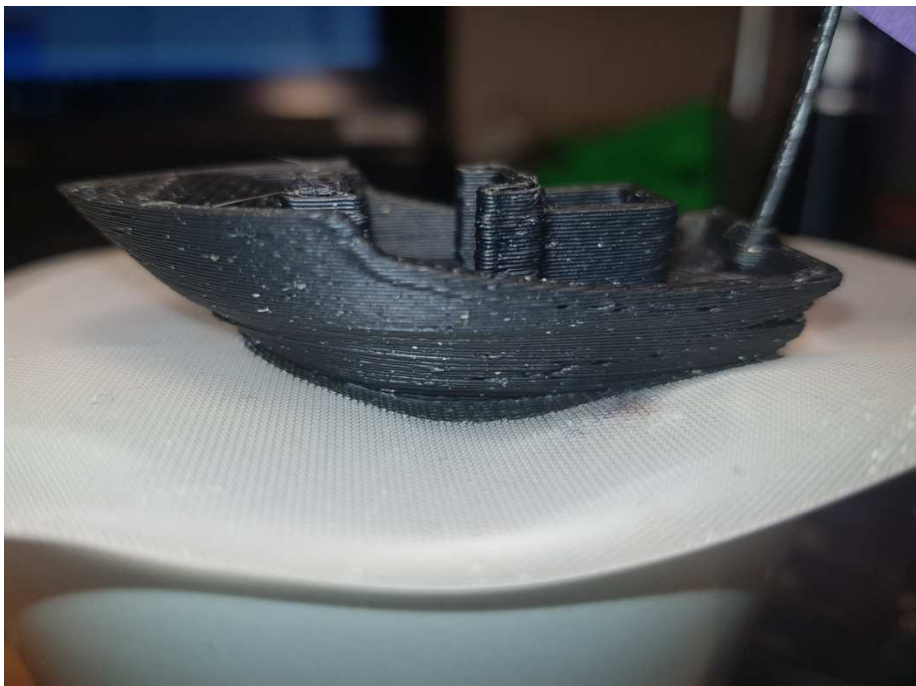
Spolarvätskebehållare



Expansionskärl



Appendix E Bilder på 3D printad ABS och PP



Appendix F Resultat från XRF

Test Material

1	Spolarvätskebehållare och Expansionskärl (Orensad) – PP/PE
2	Spolarvätskebehållare och Expansionskärl (Orensad) – PE
3	Stötfångare – PP
4	Hasplåt och innerskärmar – PP
5	Spolarvätskebehållare och Expansionskärl (Rensad) – PE
6	Spolarvätskebehållare och Expansionskärl (Rensad) – PP/PE
7	Hasplåt och innerskärmar – PP/PE
8	Inredning – ABS

Procedure and results

Screening of lead, cadmium, nickel, chromium, bromine, mercury, copper, titanium, iron and chlorine was performed with an ED-XRF, Niton XL3t. The method is semi-quantitative, to determine the total amount of metals, other test methods are required.

Date of test: 2018-01-16

Table 1. XRF screening.

Analysed element	1	2	3	4	5	6	7	8
Lead (Pb)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	90 mg/kg	ND
Cadmium (Cd)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nickel (Ni)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chromium (Cr)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	270 mg/kg
Bromine (Br)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	120 mg/kg	ND
Mercury (Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Copper (Cu)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Titanium (Ti)	ND	ND	1670 mg/kg	2180 mg/kg	ND	ND	3310 mg/kg	14810 mg/kg
Iron (Fe)	ND	ND	1270 mg/kg	590 mg/kg	ND	ND	780 mg/kg	1220 mg/kg
Chlorine (Cl)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	300 mg/kg	ND

Appendix G Teknikplattform

Utrustning	Beskrivning	Företag	Pris (SEK)	Energiförbrukning (kWh)	Kapacitet
Balpress	Maskin som pressar bildelar och förser dem med plastband	Kinesisk leverantör	119 000- 1 1,132,650 priset beror på om plastband förser automatisk eller manuellt	Ca 22	Mellan 5—18 balar/h
Shredder	Maskin som storleksreducerar (både med och utan metalldetektor)	Tyskleverantör	Finns i många olika varianter och ligger mellan 169 900 (då ingen metalldetektor) och 595 00 (med metalldetektor). De billigaste varianterna passar inte för hårdplast utan för mjukplast	18.5-37	50-200kg/h
Shredder	Maskin som storleksreducerar (metalldetektor)	Österriskleverantör 1	320 000	2*9.2 kW (2 motorer)	400 kg/h
Shredder	Maskin som storleksreducerar (metalldetektor)	Svenskleverantör	800 000	22	1500kg/h
Shredder	Maskin som storleksreducerar (dubbelaxlad)	Kinestiskleverantör	252 000	37	
Grovtvättmaskin	En professionell tvättmaskin för grovtvätt	Svenskleverantör	35 000		6.5 kg
Industrielltvättmaskin	Tvättmaskin avsedd för plast	Kinesiskleverantör	Ligger mellan 21 800 och 31 000	1.5-3	50-100 kg

Granulator	Maskin som storleksreducerar och innehåller transportband och metalldetektor	Svenskleverantör	360 000-1,300,000	7,5 -90	40 kg/h-3000 kg/h
Shredder, tvätt och granulator (lina)	Innehåller shredder, tvätt och granulator	Kinesiskleverantör	921 000	235	1000 kg/h
Shredder, tvätt och granulator (lina)	Innehåller shredder, tvättlina, granulator	Kinesiskleverantör	1765000	310	1000 kg/h
Shredder, tvätt och granulator (lina)	Innehåller shredder, tvättlina, granulator	Tyskleverantör	8926000	515	1500 kg/h
Extruder/Pelletizer	Tar fram pellets och innehåller extruder samt pelletizer	Kinesiskleverantör	507000	280	200kg/h
Extruder/Pelletizer	Tar fram pellets och innehåller extruder samt pelletizer	Kinesiskleverantör	1105000	362.8	800kg/h
Extruder/Pelletizer	Tar fram pellets och innehåller extruder samt pelletizer	Tyskleverantör	14609000	900	1500kg/h
Filmentextruder	Tar fram filament och innehåller extruder samt pelletizer	Holländsleverantör	34818	400	1 kg/h

Appendix H Resultat från simuleringen

Tabell 1: Scenario 1a

Selling dismantled plastic parts without any size reduction activity	Att sälja till svensk kund		Att sälja till kund i Europa	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)
Costs				
Transport PP Total Cost	73,920	122,640	154,440	256,230
Transport PE Total Cost	53,932	89,325	112,679	186,625
Simulation Total Costs	127,852	211,965	267,119	442,855
Revenue				
PP to customer Total Revenue	264,000	438,000	330,000	547,500
PE to customer Total Revenue	192,614	319,018	240,768	398,772
Simulation Total Revenue	456,614	757,018	570,768	946,272
Profit	328,762	545,053	303,649	503,417
Profit / kg	1.53	1.53	1.41	1.41

Tabell 2: Scenario 1b – stationär balpress

Selling baled plastic parts in separate batches (Stationary Baler)	Att sälja till svensk kund		Att sälja till europeisk kund	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)

Costs				
Operator Total Cost	15,867	28,006	15,867	28,006
Transport PP Total Cost	26,348	44,462	53,515	90,306
Transport PE Total Cost	19,764	32,940	40,142	66,903
Baling Total Cost	250,891	251,581	250,891	251,581
Simulation Total Costs	312,870	356,988	360,415	436,797
Revenue				
PP to customer Total Revenue	252,000	432,000	315,000	540,000
PE to customer Total Revenue	180,120	306,204	225,150	382,755
Simulation Total Revenue	432,120	738,204	540,150	922,755
Profit	119,250	381,216	179,735	485,958
Profit / kg	0.55	1.07	0.84	1.36

Tabell 3: Scenario 1b – mobil balpress

Selling baled plastic parts in separate batches (Mobile baler)	Att sälja till svensk kund		Att sälja till europeisk kund	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)
Costs				
Operator Total Cost	15,867	28,006	15,867	28,006

Transport PP Total Cost	26,348	44,462	53,515	90,306
Transport PE Total Cost	19,764	32,940	40,142	66,903
Baling Total Cost	11,850	21,020	11,850	21,020
Simulation Total Costs	73,829	126,428	121,374	206,235
<i>Revenue</i>				
PP to customer Total Revenue	252,000	432,000	315,000	540,000
PE to customer Total Revenue	180,120	306,204	225,150	382,755
Simulation Total Revenue	432,120	738,204	540,150	922,755
Profit	358,291	611,776	418,776	716,520
Profit / kg	1.67	1.71	1.96	2

Tabell 4: Scenario 2 – stationär shredder

Selling shredded plastic parts in separate batches (Stationary shredder)	Att sälja till svensk kund		Att sälja till europeisk kund	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)
<i>Costs</i>				
Operator Total Cost	123,253	770,895	123,253	218,337
Transport PP Total Cost	26,885	45,369	56,331	95,059
Transport PE Total Cost	20,167	33,612	42,255	70,425

Shredding Total Cost	607,987	552,405	607,987	614,351
Simulation Total Costs	778,292	1,402,280	829,826	998,172
<i>Revenue</i>				
PP to customer Total Revenue	320,064	540,108	448,090	756,151
PE to customer Total Revenue	240,084	400,140	336,118	560,196
Simulation Total Revenue	560,148	940,248	784,207	1,316,347
Profit	-218,144	-462,032	-45,618	318,175
Profit / kg	-1.02	-1.3	-0.21	0.89

Tabell 5: Scenario 2 – mobil shredder

Selling shredded plastic parts in separate batches (Mobile shredder)	Att sälja till svensk kund		Att sälja till europeisk kund	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)
<i>Costs</i>				
Operator Total Cost	123,253	218,337	123,253	218,337
Transport PP Total Cost	26,885	45,369	56,331	95,059
Transport PE Total Cost	20,167	33,612	42,255	70,425
Shredding Total Cost	93,961	168,837	93,961	168,837

Simulation Total Costs	264,266	466,155	315,800	552,658
<i>Revenue</i>				
PP to customer Total Revenue	320,064	540,108	448,090	756,151
PE to customer Total Revenue	240,084	400,140	336,118	560,196
Simulation Total Revenue	560,148	940,248	784,207	1,316,347
Profit	295,882	474,093	468,407	763,689
Profit / kg	1.38	1.33	2.19	2.14

Tabell 6: Scenario 3

Selling washed and granulated plastics	Kinesisk leverantör 1		Europeisk leverantör		Kinestisk leverantör 2	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)
<i>Costs</i>						
Size Reduction and metals removal Total Cost	320,394	330,067	2,993,480	3,006,586	605,443	617,800
Washing and drying Total Cost	320,394	330,067	2,993,480	3,006,586	605,443	617,800
Granulating Total Cost	318,693	328,486	2,991,176	3,004,443	603,270	615,780
Operator Total Cost	47,420	82,997	35,007	61,184	47,420	82,997
Transport PP Total Cost	92,400	151,200	92,400	151,200	92,400	151,200
Transport PE Total Cost	51,258	95,193	51,258	95,193	51,258	95,193

Simulation Total Costs	1,150,559	1,318,011	9,156,800	9,325,192	2,005,234	2,180,770
Revenue						
PP to customer Total Revenue	594,000	972,000	594,000	972,000	594,000	972,000
PE to customer Total Revenue	546,191	1,014,355	546,191	1,014,355	546,191	1,014,355
Simulation Total Revenue	1,140,191	1,986,355	1,140,191	1,986,355	1,140,191	1,986,355
Profit	-10,368	668,344	-8,016,609	-7,338,838	-865,043	-194,416
Profit / kg	-0.05	1.87	-37.5	-20.6	-4.04	-0.54

Tabell 7: Scenario 3 nationell nivå

Selling washed and granulated plastics	Kinesisk leverantör 1		Europeisk leverantör		Kinestisk leverantör 2	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)
Costs						
Size Reduction and metals removal Total Cost	1,338,336	2,028,111	4,372,627	5,307,182	1,905,060	2,785,646
Washing and drying Total Cost	1,286,840	1,940,992	4,372,508	5,306,926	1,839,998	2,675,625
Granulating Total Cost	1,289,895	1,954,170	4,377,933	5,321,517	1,843,901	2,692,459
Operator Total Cost	3,234,203	5,403,124	2,348,695	3,922,539	3,233,655	5,402,096

Transport PP Total Cost	6,392,400	10,651,200	6,728,400	11,222,400	6,392,400	10,651,200
Transport PE Total Cost	4,056,699	6,780,692	4,276,376	7,139,498	4,056,699	6,780,692
Simulation Total Costs	17,598,373	28,758,289	26,476,539	38,220,062	19,271,714	30,987,717
<i>Revenue</i>						
PP to customer Total Revenue	41,094,000	68,472,000	43,254,000	72,144,000	41,094,000	68,472,000
PE to customer Total Revenue	43,227,124	72,253,280	45,567,943	76,076,618	43,227,124	72,253,280
Simulation Total Revenue	84,321,124	140,725,280	88,821,943	148,220,618	84,321,124	140,725,280
Profit	66,722,751	111,966,991	62,345,404	110,000,555	65,049,411	109,737,562
Profit / kg	4.37	4.4	4.08	4.32	4.26	4.31

Tabell 8: Scenario 4

Selling high quality plastic pellets	Kinesisk leverantör 1		Europeisk leverantör		Kinesisk leverantör 2	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)
<i>Costs</i>						
Size reduction & metals removal total cost	320,394	330,067	2,993,480	3,006,586	605,443	617,800

Washing and drying Total Cost	320,394	330,067	2,993,480	3,006,586	605,443	617,800
Granulating Total Cost	318,693	328,486	2,991,176	3,004,443	603,270	615,780
Extrusion Total Cost	458,566	600,389	7,352,976	7,383,018	589,607	615,270
Pelletizing Total Cost	461,535	610,325	7,351,589	7,385,662	590,144	617,384
Operator Total Cost	868,676	1,496,931	390,820	676,157	526,899	918,783
Transport PP Total Cost	16,800	28,560	16,800	30,240	16,800	30,240
Transport PE Total Cost	11,764	21,848	11,764	21,848	11,764	21,848
Simulation Total Costs	2,776,822	3,746,673	24,102,084	24,514,540	3,549,371	4,054,905
Revenue						
PP to customer Total Revenue	1,800,000	3,060,000	1,800,000	3,240,000	1,800,000	3,240,000
PE to customer Total Revenue	1,260,441	2,340,819	1,260,441	2,340,819	1,260,441	2,340,819
Simulation Total Revenue	3,060,441	5,400,819	3,060,441	5,580,819	3,060,441	5,580,819
Profit	283,619	1,654,146	-21,041,643	-18,933,721	-488,930	1,525,914
Profit / kg	1.32	4.64	-98.44	-53.14	-2.28	4.28

Tabell 9: Scenario 4 – nationell nivå

Selling high quality plastic pellets	Kinesisk leverantör 1		Europeisk leverantör		Kinestisk leverantör 2	
	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)	Value (SEK)
Costs						

Size Reduction and metals removal Total Cost	1,337,771	2,027,118	4,372,583	5,306,174	1,606,729	2,288,580
Washing and drying Total Cost	1,193,386	1,785,616	4,371,312	5,305,165	1,606,273	2,287,899
Granulating Total Cost	1,194,042	1,798,390	4,377,002	5,319,350	1,604,826	2,302,009
Extrusion Total Cost	3,407,225	5,517,324	10,480,885	12,617,925	2,289,888	3,446,546
Pelletizing Total Cost	3,372,325	5,527,419	10,498,449	12,654,565	2,290,892	3,470,677
Operator Total Cost	3,899,062	6,504,541	7,607,806	12,694,403	4,806,879	8,048,915
Transport PP Total Cost	268,800	450,240	1,206,240	2,016,000	818,160	1,375,920
Transport PE Total Cost	194,948	326,034	877,267	1,473,876	596,609	1,001,630
Simulation Total Costs	14,867,558	23,936,682	43,791,543	57,387,458	15,620,257	24,222,178
<i>Revenue</i>						
PP to customer Total Revenue	28,800,000	48,240,000	129,240,000	216,000,000	87,660,000	147,420,000
PE to customer Total Revenue	20,887,308	34,932,222	93,992,886	157,915,251	63,922,365	107,317,548
Simulation Total Revenue	49,687,308	83,172,222	223,232,886	373,915,251	151,582,365	254,737,548

Profit						
	34,819,750	59,235,540	179,441,343	316,527,793	135,962,108	230,515,370
Profit / kg						
	2.28	2.32	11.76	12.44	8.9	9.06

Tabell 10: Scenario 5

Selling pellets and filaments	Scenario 5	
	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)
Costs		
Size Reduction and metal removal Total Cost	320,394	330,291
Washing and drying Total Cost	320,394	330,291
Granulating Total Cost	320,716	330,394
Extrusion Total Cost	455,913	603,498
Pelletizing Total Cost	464,986	604,162
Filament production Total Cost	223,965	233,367
Operator Total Cost	3,624,669	6,112,400
Transport PP Total Cost	14,784	24,192
Transport PE Total Cost	11,764	21,848
Simulation Total Costs	5,757,585	8,590,441
Revenue		
PP to customer Total Revenue	1,584,000	2,592,000
PE to customer Total Revenue	1,260,441	2,340,819
Filament customer Total Revenue	3,780,000	6,660,000

Simulation Total Revenue	6,624,441	11,592,819
Profit	866,856	3,002,378
Profit / kg	4.05	8.42

Tabell 11: Scenario 6 – stationär shredder

Selling shredded plastics and pure copper (Stationary shredder and cable granulator)	Scenario 6	
	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)
Costs		
Size reduction and metal removal Total Cost	621,685	636,698
Operator Total Cost	379,347	640,329
Copper processing Total Cost	406,660	411,061
Copper transport Total Cost	11,180	18,628
Transport PP Total Cost	56,331	95,059
Transport PE Total Cost	38,734	66,903
Simulation Total Costs	1,513,936	1,868,679
Revenue		
PP to customer Total Revenue	448,090	756,151
PE to customer Total Revenue	308,108	532,186
Copper customer Total Revenue	2961824	4936374
Simulation Total Revenue	3,718,021	6,224,711
Profit	2,204,085	4,356,033

Profit / kg plastic	2.17	2.57
Profit / kg copper	18.70	22.17

Tabell 12: scenario 6 – mobil shredder

Selling shredded plastics and pure copper (Mobile shredder and stationary cable granulator)	Case 7 Scenario 2	
	3 Year	5 Year
Category	Value (SEK)	Value (SEK)
Costs		
Size reduction and metal removal Total Cost	178,247	303,680
Operator Total Cost	379,347	640,329
Copper processing Total Cost	406,660	411,061
Copper transport Total Cost	11,180	18,628
Transport PP Total Cost	56,331	95,059
Transport PE Total Cost	38,734	66,903
Simulation Total Costs	1,070,498	1,535,660
Revenue		
PP to customer Total Revenue	448,090	756,151
PE to customer Total Revenue	308,108	532,186
Copper customer Total Revenue	2,961,824	4,936,374
Simulation Total Revenue	3,718,021	6,224,711
Profit	2,647,523	4,689,052
Profit / kg plastic	2.60	2.76

RE:

SOURCE

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Profit / kg copper	22.46	23.86
---------------------------	--------------	--------------