

CHALMERS



Från avfall till produktdesign - Hur återvunnet material får värde på nytt

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Designingenjör, VT 2014

AJJAR POSAY & ANGELICA ELIONERI

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling

Avdelningen för Design & Human Factors

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2014

Från avfall till produktdesign - Hur återvunnet material får värde på nytt

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Designingenjör

AJJAR POSAY & ANGELICA ELIONERI

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling

Avdelningen för Design & Human Factors

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2014

Från avfall till produktdesign
Hur återvunnet material får värde på nytt
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Designingenjör
AJJAR POSAY & ANGELICA ELIONERI

© AJJAR POSAY & ANGELICA ELIONERI, Sverige, 2014

Examensarbete 2014 ISSN 1652-9901
Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen för Design & Human Factors
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Förhandsvisning av slutkoncept

Tryckeri/Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Göteborg, Sverige, 2014

FÖRORD

Denna rapport sammanfattar det examensarbete som utförts vid Designingenjörsprogrammet på Chalmers Tekniska Högskola under vårterminen 2014. Examensarbetet har utförts vid institutionen för produkt- och produktionsutveckling och har omfattat 15 högskolepoäng.

Tillsammans med företagen Semcon och Stena Recycling har Chalmers produkt- och produktionsutvecklingsavdelning projektet W2D- Waste to Design. Projektet är en del av programmet Closing the loop, som också innefattar sex andra forskningsprojekt. Detta examensarbete har varit en del av W2D-projektet där vi fått stifta bekantskap med många duktiga och kunniga personer.

Vi vill därför tacka Taina Flinck på Stena Recycling för hennes engagemang och intresse i vårt projekt, David Gillblom från Semcon för hans tips och idéer och Erik Stenvall från Chalmers Tekniska Högskola för hans spridning av kunskap inom plaståtervinning. Vi vill även tacka Klas Cullbrand från ett av Closing the loop-projekten- Realize, för hans hjälp, kunskap och engagemang. Också ett tack till Rory McCoo från Eklunds Bildelslager för hans vilja att hjälpa till och stöttande inställning. Sist, men inte minst, vill vi tacka vår handledare Isabel Ordoñez Pizarro och vår examiner Ulrike Rahe för svar på frågor, goda råd och idéer under projektets gång. Tack vare alla kunniga och drivna människor vi fått äran att träffa har examensarbetet mynnat ut i det resultat vi ville- nämligen att ge PUR-skummet ett nytt och cirkulärt produktflöde.



Ajar Posay



Angelica Elioneri

SAMMANFATTNING

Tillsammans med Stena Recycling och Semcon har Chalmers Tekniska Högskola samarbetet W2D- Waste to Design, vilket bekostas av MISTRA Closing the loop. I W2D ges design- och produktutvecklingsstudenter möjligheten att medverka och granska ett visst material ur avfall närmre, i hopp om att implementera materialet i en ny produkt. I dagsläget förbränns eller deponeras överskottet av avfall, vilket inte är de mest hållbara lösningarna. Syftet med W2D-projektet är att skapa nya idéer för hanteringen av avfall där det omhandtas genom återanvändning och/eller återvinning i nya produkter eller material. Detta för att sluta produkt- eller materialloopen.

Ett vanligt förekommande material ur mängden avfall är polyuretan, PUR. PUR är en polymer med många olika egenskaper och hos Stena Recycling förekommer polyuretanet ur avfallet mest i skumform från stoppning i möbler. Det är således PUR-skum som valts till det material att granska närmre i detta examensarbete. Syftet är att hitta potentiella produktområden där det återvunna PUR-skummet ges ett nytt och cirkulärt materialflöde.

För att strukturera upp examensprojektet delades det upp i tre faser- Förstudie, Samarbetsmöjligheten med Realize och Konceptframtagningsprocessen. I fas I, förstudien, beskrivs det valda materialet, PUR-skum, närmre med avseende på dess egenskaper, användningsområden och återvinningsmöjligheter idag. I fas II tas samarbetsmöjligheten med Realize upp, vilket är ytterligare ett projekt i Closing the loop, och hur projektet kan bli en del av att resurseffektivisera fordonsåtervinningen. I denna fas beskrivs även en fältstudie, vilken gjordes på Eklunds Bildelslager, potentialen kring återvinning av PUR-skum ur begagnade bilar samt en diskussion kring samarbetet med dem. I fas III redogörs konceptframtagningsprocessen där möjliga användningsområden som kan finnas för slutkonceptet granskas, utvärderas och sållas ut. Detta för att slutligen mynna ut i ett koncept.

Konceptet, Re-xagon, som valts fram är en modulvägg vilket är en kombination av en skärmvägg och en ljudabsorbent. Modulväggen kan byggas samman på flera sätt och kan med fördel användas på kontor, bibliotek, skolor, i uppehållsrum och på mässor. Modulväggen utvecklades till ett koncept av sammansatta hexagonala moduldelar av det återbundna polyuretanskummet ur fordon. Moduldelarna hålls samman med hjälp av spår i polyuretanskum, vilka ska möjliggöra en enkel på- och isärtagning av moduldelarna. För att sluta loopen för materialet på ett kontrollerat sätt kan modulväggen både framställas, uthyras och säljas av ett och samma företag. Företaget kan då styra sina produkter genom hela deras livscykel och se till så att de får värde på nytt när produkterna börjat slitas ut. På så vis får PUR-skummet i modulväggen en cirkulär livscykel.

Nyckelord: Polyuretanskum, avfall, fordonsåtervinning, produktdesign

ABSTRACT

Chalmers University of Technology has in cooperation with Stena Recycling and Semcon, the project W2D- Waste to Design, which is funded by the foundation of MISTRA Closing the loop. In W2D students within design and product development are given the opportunity to participate and examine a certain kind of material from waste, with the aim to implement the material in a new product. Today, the waste is used as incineration and/or landfill, and these are not the most sustainable solutions. The aim with the W2D-project is to create new ideas for the disposal of waste where it is taken care of by reusing and/or recycling in new products or materials. This is for closing the loop of the product or the material.

A common material among the great amount of waste is polyurethane, PUR. PUR is a polymer with the ability to change its characteristics in many ways. At Stena Recycling the polymer mostly occurs in shape of foam from furniture and upholstery. It is, however, the material polyurethane foam that is chosen to be further examined in this thesis with the aim to find potential product areas, where the recycled polyurethane foam is given a new and circular flow.

To structure the work of the thesis it was separated in three phases- Pre-study, the cooperation opportunity with Realize and the process of the concept development. In this first phase, pre-study, the chosen material of PUR-foam is described concerning its qualities, areas of application and possibilities of recycling today. In phase two- the cooperation opportunity with Realize is discussed and how the project can be part of streamlining resources of recycling of vehicles. In this phase the field study at Eklunds Bildelslager, a car dismantling, is also described and the potential around recycling of PUR-foam from used cars. In phase three the process of the concept development is reviewed where possible areas of use for the final concept are examined, evaluated and screened. Eventually, a final concept will result.

The final concept, Re-xagon, is a modular wall which is a combination of a screen wall and a sound absorber. The modular wall can be connected in several ways and can, favourably, be used in offices, libraries, schools, lounges and fairs. The modular wall was chosen as the final concept since it was considered having the greatest potential to fulfil people's needs, according to how the market looks today where many people are striving after peace and harmony. The modular wall was developed into a concept of modular parts in shapes of hexagons from the rebonded polyurethane foam from vehicles. The modular parts are hold together with tracks which enable an easy way of sticking the parts together and apart. In order to close the loop of the material in a controlled way the modular wall can be produced, rented and sold by one same company. Then the company can control their products throughout their whole life cycle and make sure that they are given a new value once the products are used. In this way the polyurethane foam in the modular wall is given a new life cycle.

Key words: Polyurethane foam, waste, vehicle recycling, product design.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	3
1.5 Läsanvisningar	3
2. Teorier och metoder.....	4
2.1 Avfallshierarki	4
2.2 Teorier om hållbar utveckling	4
2.3 Marknadsanalys	7
2.4 Funktionsanalys	8
2.5 Kravspecifikation	8
2.6 Idégenerering	8
2.7 Konceptframtagning	9
2.8 Elimineringsmetoder	10
2.9 Illustreringsverktyg	10
2.10 Utvärderingsmetoder	10
3. Fas I: Förstudie.....	12
3.1 Omvärldens förutsättningar	12
3.2 Materialet polyuretan	13
3.2.1 Polyuretanskummets egenskaper	14
3.2.2 Användningsområden	14
3.2.3 Återvinningsmöjligheter	16
3.3 Återvinnings sätt: Återbindning	18
3.3.1 Det återbundna PUR-skummets egenskaper	18
4. Fas II: Samarbetsmöjlighet Realize.....	21
4.1 Återvinningsprocessen av fordon och dess marknad	21
4.2 Fältstudie hos Eklunds bildslager	21
4.3 Potentialen i PUR-skumåtervinning hos fordon	22
4.4 Diskussion kring samarbetsprojektet	24

5. Fas III: Konceptframtagning.....	26
5.1 Konceptkriterium	26
5.2 Identifiering av användningsområde	27
5.3 Produktval: Modulvägg	29
5.3.1 Problemidentifiering	29
5.3.2 Specificering av produktens huvudfunktioner	30
5.3.3 Modulvägg för offentliga miljöer	30
5.4 Marknadsstudie	31
5.5 Val av designparametrar	33
5.6 Formgivning	34
5.6.1 Inspiration till slutkoncept	34
5.6.2 Ytform	39
5.6.3 Hopfästningskonstruktion	40
5.6.4 Densitet	42
6. Slutkoncept:Re-xagon.....	43
6.1 Affärsmodell	51
6.2 Utvärdering av SLCA	52
6.3 Utvärdering av kostnadskalkyl	53
7. Diskussion.....	54
8. Slutsats.....	57
9. Källor.....	58

TERMER OCH FÖRKORTNINGAR

W2D – Waste to design

PUR – Polyuretan

PU – Produktutveckling

OC – Open Cell foam - Flexibelt polyuretanskum med öppna celler

CC – Closed cell foam – Hårt polyuretanskum med slutna celler

1. INLEDNING

I takt med att människors efterfrågan på produkter ökar, arbetar företag och fabriker ännu hårdare med att lansera nya produkter för att kunna sälja till människor. Det är ingen myt att jordens resurser överkonsumeras och vi lever som om vi hade obegränsat med tillgångar i vår miljö. Miljö är allt som byggs upp runtomkring oss och utgör hela vårt samhälle där samhällets efterfrågan går ihop hand i hand med miljöpåverkan. Det är därför av betydelse att fler människor förstår jordens resursbegränsningar och förändrar sitt beteende för att nå en hållbar utveckling. Man talar om tre dimensioner av hållbar utveckling; social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet. Dessa tre dimensioner är viktiga att ta i beaktning för att nå en hållbar utveckling och kunna framställa en konkurrenskraftig produkt. Vad detta examensarbete i grund och botten handlar om är att uppfylla alla dessa tre dimensioner och ta fram en ny produkt, antingen genom återvinning eller återanvändning.

1.1 BAKGRUND

I samarbete med Semcon och Stena Recycling har Chalmers Produkt- och produktionsutvecklingsavdelning projektet W2D- Waste to Design, som bildades hösten 2012 och pågår till våren 2015. I detta samarbete erbjuds även studenter inom design och produktutveckling att delta, med tanken att analysera ett specifikt material ur avfall för att slutligen

implementera detta i en ny produkt.

Projektet har sin grund i det faktum att det årligen bildas ett massivt överflöd av avfall vilket antingen förbränns eller deponeras. Då detta avfall är stort är förbränning och deponering inte de mest hållbara lösningarna för hanteringen av avfallet. Syftet med W2D-projektet är att skapa nya idéer för hanteringen av avfallet där det tas om hand genom återanvändning och/eller återvinning i nya produkter eller nya material. Stena Recycling är ett återvinningsbolag som förädlar och återvinner avfall, vars intresse i detta projekt är att finna nya lösningar till användning av den mängd avfall som finns och därigenom skapa en hållbar utveckling. Semcon är ett teknikkonsultföretag vilka erbjuder produktlösningar till olika branscher, inom bland annat fordon, telekom och verkstad. Deras intresse ligger i att minimera materialåtgång hos nya produkter, förutsäga framtida komponentflöden och planera för billiga komponenter med hög funktionalitet. Detta kan återigen uppnås genom återvinning respektive återanvändning.

Ett vanligt material som ingår i den mängd samhällsavfall är polyuretan, PUR. PUR är en mångsidig polymer som kan anta många olika egenskaper. Det kan ta form i endera massivt utförande eller som skumhård eller mjuk, där densiteten kan väljas. Polyuretan förekommer frekvent som stoppning i möbler och säten och inom textilindustrin och har god vidhäftning med textilier. Dess goda isolerande egenskaper gör att det ofta återfinns som isoleringsmaterial i byggnader och

rymdutrustning. Tack vare dess elastiska egenskaper är det också lämpligt i utrymmen som utsätts för vibration, t.ex. maskinhallar, fordon, biosalonger och studios. Hos Stena Recycling förekommer polyuretanet ur samhällsavfall vanligtvis i skumform och det är således PUR-skum som valts till det material att lägga fokus på i detta examensarbete.

Hanteringen av materialet idag är att det används som energiförbränning eller deponi, beroende på vad skummet innehåller. Detta är fördelaktigt ur förbränningssynpunkt då PUR är mycket energirikt. Idag har materialet ett linjärt flöde vilket gör att man går miste om dess egenskaper som på nytt skulle kunna återinföras på marknaden. Det är därför önskvärt att få ett slutet, cirkulärt kretslopp med förhoppningen att skapa en mer hållbar lösning än vid förbränning.

MISTRAs Closing the Loop

Projektet är finansierat av Stiftelsen för Miljöstrategisk forskning (MISTRA). Closing the loop är ett program som utgörs av sju forskningsprojekt, där Chalmers *From Industrial waste to product design* är ett av dessa. Målet är att främja samverkan mellan industribranscher då man under projektets gång ges chans att utväxla idéer och tankar projekten sinsemellan. Programmet syftar bland annat till att utforska industriens avfalls- och resursflöden och utvärdera olika marknader för produkter som tillverkats utifrån återvinning. Genom tillämpning av

återvunnet material från industrin till nya produkter reduceras effekterna på vår miljö där det, åtminstone för svenska mått mått, gradvis närmar sig uppställda miljömål (Mistra Closing the loop, 2014).

1.2 SYFTE

Syftet med examensarbetet är att identifiera möjliga produktområden där återvunnet polyuretanskum ges ett nytt och cirkulärt materialflöde. Med detta som grund ska produktförslag tas fram där det återvunna polyuretanskummet är gångbart som produktmaterial för att uppfylla de tre dimensionerna av hållbar utveckling.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I detta projekt kommer materialkunskapen från föregående års projekt tillvaratas. Tidigare år har ett större fokus lagts på att forska kring materialet polyuretanskum medan det i år istället fokuseras på skum från ett specifikt område- skum ur fordon. I projektet kommer ett koncept gjort av återvunnet PUR-skum, taget från fordonsindustrin, att utvecklas till ett så konkurrenskraftigt koncept som möjligt.

Vid kostnadsberäkning av slutkonceptet kommer endast tillverkningskostnad beaktas.

1.4 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNINGEN

Frågeställningen på projektet innehåller följande:

- *Inom vilka användningsområden kan materialets främsta egenskaper tillvaratas och återföras i en ny produktloop?*
- *Hur kan återvunnen polyuretanskum designas konkurrenskraftigt, med de tre hållbarhetsdimensionerna som grund, gentemot produkter gjorda av nya råvaror?*

1.5 LÄSANVISNINGAR

Under kapitel 2 beskrivs vilka metoder och teorier som har använts som verktyg för att möjliggöra projektet.

Projektet är uppdelat i olika faser: fas I, fas II och fas III.

Fas I beaktar avsnittet Förstudie, som beskrivs i kapitel 3. I detta kapitel tas de studier upp som gjorts inom olika områden inför projektet. Dessa är information om materialet PUR, dess egenskaper och användningsområden idag samt återvinningsmöjligheter.

Fas II i kapitel 4 beskriver projektets samarbetsmöjlighet med Realize- vilket är

ytterligare ett av MISTRAs forskningsprojekt inom ”Closing the loop” med mål att plocka fram strategier för att resurseffektivisera fordonsåtervinningen. I denna fas beskrivs ett besök hos Eklunds Bildelslager som del av en fältstudie, potentialen kring PUR-skumsåtervinning hos begagnade bilar samt en diskussion kring samarbetsprojektet med Realize.

Fas III i kapitel 5 har getts åt konceptframtagningsprocessen. Här beskrivs de potentiella användningsområden för slutkonceptet, vilka utvärderas och sällas bland, för att sedan vidareutvecklas formmässigt till ett slutgiltigt koncept.



Figur 1- De tre faserna i projektet

2. TEORIER OCH METODER

Detta examensarbete har tillämpat teorier och metoder som beskrivs i följande avsnitt.

2.1 AVFALLSHIERARKI

Avfallstrappan är en modell framtagen av EU:s avfallsdirektiv för hantering av sopor. Genom denna hierarki lyfts prioriteringar för hur olika lagar kan utformas i avfallshanteringen. Trappan illustreras i figur 2, där de fem trappstegen är olika avfallshanteringar och hur de är viktade. Den menar att man bör se till att skapa så lite avfall som möjligt, speciellt farligt avfall. Genom att skapa så lite avfall så tidigt som möjligt minimeras den negativa miljöpåverkan. Det andra steget handlar om att återanvända, där produkter kan ges bort eller repareras. Det tredje steget är materialåtervinning vilket tas till då återanvändning inte fungerar. Exempel på materialåtervinning är kompostering av matavfall. Det fjärde steget måste tas till om det tredje inte heller är möjligt, vilket är energiutvinning av avfallet. Utvinning av energi görs företrädesvis genom förbränning. I det sista och femte steget i trappan väljs avfall att läggas på deponi, vilket är den absolut sista utvägen avfallet bör ta (Sopor, 2014).

Avfallstrappan används även som del i att sätta upp mål för EU:s medlemsländers avfallsplaner för att kunna förbättra dagens avfallshantering. Eftersom den största avfallsmängden i Europa idag hamnar som deponering och energiåtervinning, hamnar de längst ner på trappan.

Enligt Naturvårdsverket (2014) är Sveriges avfallsplaner att prioritera fem huvudområden med EU:s avfallshierarki som grund, för att vara mer resurseffektiv.



Figur 2- EU-direktivets avfallshierarki, (Avfall Sverige, 2013).

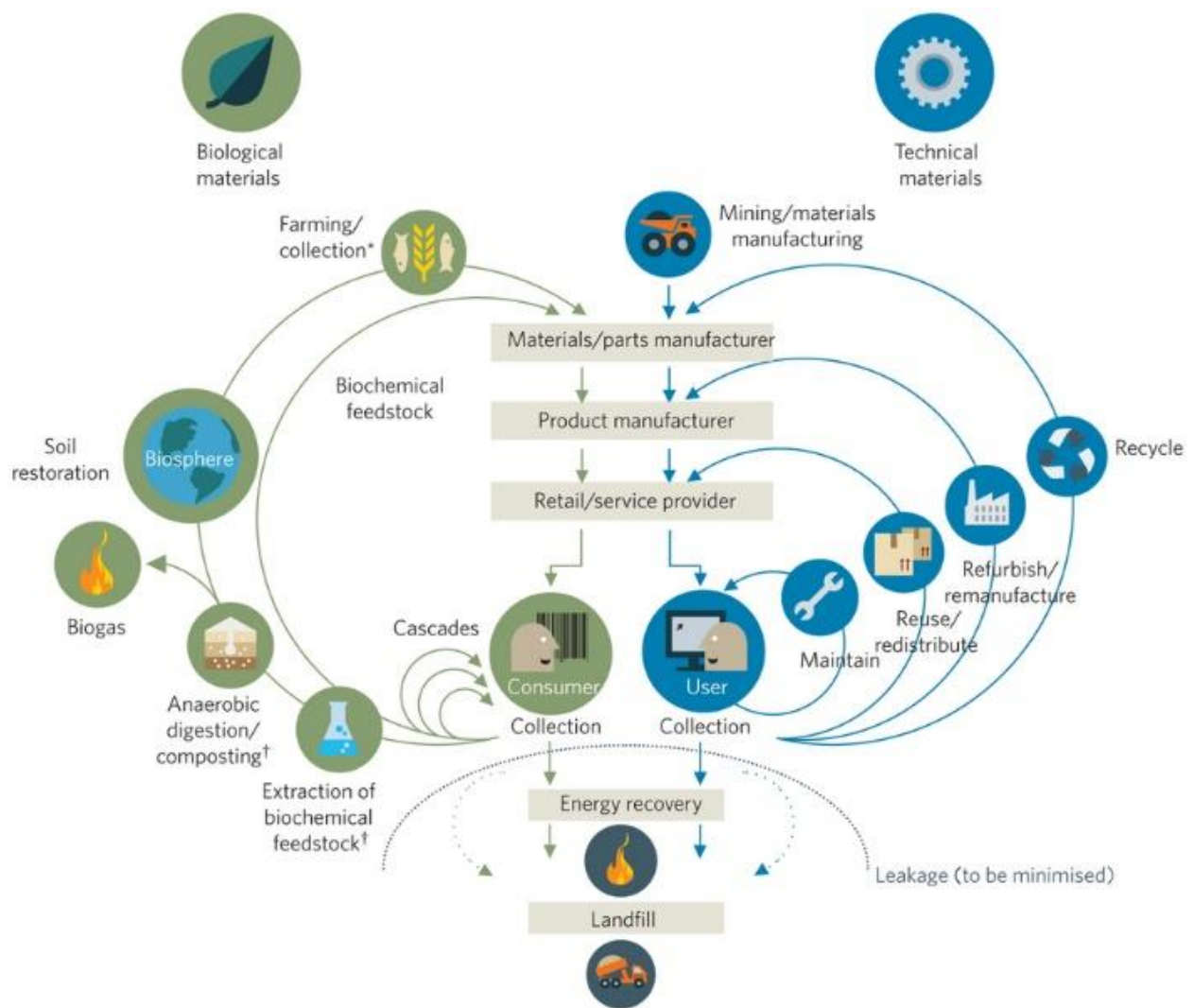
2.2 TEORIER OM HÅLLBAR UTVECKLING

CIRKULÄR EKONOMI

Cirkulär ekonomi är en teori om hur ekonomin och hållbarhetsaspekten hänger ihop och är grundad av Ellen McArthur. Idag är en linjär ekonomi det aktuella mönstret där en produkt skapas och sedan säljs, för att efter förbrukning kastas till soporna. Med en cirkulär ekonomi frångås det linjära tänket från ett ohållbart samhälle där resurser slösas på till ett

cirkulärt, hållbart tänk. Syftet med cirkulär ekonomi är att åter bygga upp kapitalet där produkter designas för återanvändning med god kvalitet i ett tekniskt och/eller biologiskt kretslopp. Man önskar effektivisera resurshanteringen så mycket som möjligt. Genom detta vill man ta tillvara på råvarors biologiska och tekniska livscykel så att materialflödet löper smidigt i flera produkters livscykler där endast förnyelsebar energi tillförs. Man vill ta tillvara på råvarors tekniska livscykel där egenskaperna i materialen hos produkterna ska bevaras och kunna återvinnas för att tillverka nya produkter. Det ger en god möjlighet till att spara på jordens resurser,

minska det biologiska fotavtrycket och nå en hållbar utveckling. En annan faktor bakom cirkulär ekonomi är även att råvarors biologiska livscykel ska tas hänsyn till, det vill säga använda råmaterial som är naturligt nedbrytbara och som gör att man ytterligare kan odla nya råvaror. På detta sätt bidrar cirkulär ekonomi till att miljöhanteringen förbättras då mycket av det avfall som idag slängs till omgivningen inte naturligt bryts ner då det innehåller ämnen som är svåra för levande organismer att hantera (Cradlenet, 2014). En illustration av dessa biologiska och tekniska livscykler kan ses i figur 3.



Figur 3- Biologiska och tekniska kretslopp, (Cradlenet, (2014)).

CRADLE TO CRADLE

Cradle to cradle är ett tillvägagångssätt för produktutveckling med strävan efter en hållbar utveckling. Metoden utvecklades av kemiprofessorn Michael Braungart och arkitekten William McDonough. Ett av deras mest kända uttalanden är;

“Nature doesn’t have a design problem. People do.”

Metoden är byggd på tre grundstenar som i stora drag riktas mot produktion:

1. Att se avfall som en näringskälla

2. Att endast eller till största möjliga mån använda förnybar energi

3. Att hylla mångfald

(Vagga till vagga, 2014).

Utöver de tre grundstenarna riktar sig Cradle to Cradle även till att kunna förbättra produkter inom fem olika områden. Dessa fem huvudprinciper är:

- Att förbättra produkter som inte är farliga för miljön och människors hälsa.
- Att tillverka produkter som gynnar sociala och miljömässiga rättigheter.

- *Att tillverka produkter som endast eller med största möjliga mån är använt av förnyelsebar energi.*
- *Att utforma produkter där materialen kan återvinnas utan svårigheter, både inom industrin och av naturen.*
- *Att tillverka produkter som skyddar och gynnar vattenförsörjning.*

Genom Cradle to Cradle Products Innovation Institute, som är en icke-vinstdrivande organisation, kan företag

ansöka om att C2C-certifiera sina produkter och material och få en kvalitetsstämpel som gör det enklare för kunder att välja rätt (Ronneby, 2013). Kraven för denna certifiering är att produkten ska innehålla kända material, att materialen kan återvinnas, att produkterna/materialen är hälso- och miljösäkra där produktionsprocesserna når kraven. Även sociala faktorer såsom arbetarvillkor vägs in i bedömningen för en certifiering (C2C certified, 2011).

2.3 MARKNADSANALYS

Genom olika typer av marknadsanalyser ska ett fokusområde tas fram. Dessa analyser görs på olika nivåer; Omvärlden och trender samt på individnivå. Marknadsanalysen i detta projekt skiljer sig åt från den sedvanliga produktutvecklingsprocessen där man vanligen utgår ifrån en befintlig produkt eller ett givet problem som ska lösas, för att därigenom förbättra produkten eller komma på en helt ny typ av produkt (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004). I detta projekt utgår det istället ifrån ett förbrukat material inom ett användningsområde. Här väljs det därför att först göra en bred marknadsanalys kring trender inom olika områden. Samt värna om människors allmänna gillande kring dessa trender. Allt

för att förstå vad marknaden övergripande behöver och vill ha, för att slutligen kunna hitta ett lämpligt användningsområde för materialet.

PESTLE-analys

PESTLE-analysen är en analys utifrån sex väsentliga faktorer från omvärlden vilka står för Politiska, Ekonomiska, Sociala, Teknologiska, Lagliga och Miljömässiga. Analysen är bra att ta till i början av ett arbete för att identifiera omvärldens krav på en produkt/användningsområde (Konkurrentanalys, 2012).

INTERVJU OCH FÄLTSTUDIE

Med hjälp av intervjuer och fältstudier samlades information och kunskap om människors synpunkter och erfarenheter. Intervjuerna och fältstudierna gjordes genom möten, observationer och personlig kontakt ute på företag.

TRENDANALYS

Trender inom teknik, mode, inredning och livsmedel analyseras för att skapa sig en allmän överblick på vad som är aktuellt idag. Detta gjordes med hjälp av Internet där bloggar, elektroniska tidskrifter, e-handelsbutiker och sociala medier låtits svara som underlag till vad som är trendigt idag. Även dagstidningar och andra tidskrifter inom ovan nämnda områden har använts som trendspaningsunderlag.

2.4 FUNKTIONSANALYS

För att få igång designprocessen togs en funktionsanalys fram. Analysen gjordes för att öppna upp för tankar och idéer kring konceptet med syftet att identifiera och tydliggöra de funktioner som konceptet önskas uppfylla. I analysen radades de väsentliga funktionerna upp och sållades sedan utifrån de som var mer väsentliga än andra. Funktioner delades upp i huvudfunktion samt delfunktioner där det skiljdes mellan nödvändiga, önskvärda och onödiga.

2.5 KRAVSPECIFIKATION

Utifrån förstudien gjordes en kravspecifikation för att beskriva krav på konceptet som önskas erhållas.

Kravspecifikationen formades utifrån funktionsanalysen men med tydligare krav och mått som konceptet bör uppfylla. Kravspecifikationen är striktare i sina pretentioner där kraven som radats upp i den måste uppfyllas, till skillnad från funktionsanalysen där funktionerna bör uppfyllas. Specifikationen utformades utifrån en checklista med olika livscyklifaser och deras aspekter i åtanke. Dessa viktades mellan 1-5 där 1 var lågt och 5 var högt, beroende på hur vitala de ansågs vara för konceptet. Kravspecifikationen var ett öppet dokument och kunde redigeras under konceptutvecklingsprocessens gång.

2.6 IDÉGENERERING

Vid idégenereringsfasen tas metoder fram för att öppna upp för olika typer av tankar och idéer till ett koncept. Då detta projekt utgår ifrån ett material och inte ett definierat problem som det generellt brukar, har den sedvanliga produktutvecklingsprocessen ett annorlunda utgångsläge (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004).

BRAINSTORMING

Som en del av processen för att komma på idéer användes metoden brainstorming, vilket kan översättas till svenskans *idéstorm*. Denna metod användes för att fritt och vilt identifiera användningsområden och marknadssegment för ett koncept där PUR-skum utgjorde huvudfokus för ett

problem som kunde lösas.

IDÉSKIFTESMETODEN

I ett försök att vidga tankarna ytterligare tillämpades idéskiftesmetoden. Liksom namnet antyder går denna metod ut på att idéer byts för att bygga på med egna idéer utifrån någon annans tanke. Detta för att få ett annat perspektiv på tankar och idéer. Idéskiftesmetoden var ett fördelaktigt verktyg då det öppnade upp för vidare idéer till koncept.

2.7 KONCEPTFRAMTAGNING

I konceptframtagningen tas olika förslag på koncept upp, deras för- och nackdelar ställs upp för att så småningom väga dessa mot varandra, med syftet att arbeta fram den bästa lösningen på ett specifikt problem.

KJ-ANALYS

KJ-analys står för Kawakita Jiro-metoden och är en metod för att sortera och samla information från flera olika håll. Information från exempelvis intervjuer, lagar etc. sammanställs i KJ-analysen för att enklare kunna ge en överblick och identifiera de mest väsentliga delarna (Alva Mårdsjö- Design & produktutveckling, 2014). Metoden går till genom att idéer brainstormas och skrivs ned på post-it-lappar. Dessa sorteras sedan för att hitta en gemensam nämnare, de sinsemellan. KJ-analys valdes att ta till då den tedde sig gynnsam för den varierande typ av

information som fanns tillgänglig för projektet.

DE BONO-TÄNKARHATTAR

Edward de Bono står bakom problemlösningsmetoden *Six thinking hats* vilken går ut på att effektivisera förmågan att fatta beslut, främja tänkande och kommunikation samt stimulera det kreativa och laterala tänkandet. Metoden innebär att sex så kallade tänkarhatter används, där var hatt står för en viss färg och sätt att tänka kring ett visst problem. Röd hatt står för känslor och instinkt, där ens tankar kring ett visst problem inte behövs ge skäl för. Gul hatt ska främja det positiva tänkandet där endast fördelarna kring ett problem ska betraktas. Svart hatt står för det pessimistiska tänkandet där faror och hinder tas i beaktning kring problemet och tänkbara svagheter sållas ut. Den gröna hatten symboliserar kreativitet och innovativa lösningar till ett problem, där nya idéer inte ska kritiseras. Vit hatt företräder tillgänglig information kring ett problem och vad vi vet. Vit hatt tar också upp det vi inte vet för att eventuellt fylla på med mer kunskap. Blå hatt står för processtyrning och används gärna av en ordföranderoll. Denne ser till så processen löper på och tankarna inte fastnar (Mind Tools, 2014). Tänkarhattarna användes för att bedöma möjliga användningsområden för konceptet utifrån de sex olika perspektiven.

2.8 ELIMINERINGSMETODER

Elimineringsmetoder är metoder som används för att sälla bort idéer och lösningar som, i relation till varandra, tros fungera bättre eller sämre beroende på inom vilket område de kan tänkas tillämpas.

MORFOLOGISK MATRIS

I en morfologisk matris spaltas delfunktioner med delösningsalternativ upp. Lösningarna till olika funktioner kan sedan kombineras till en hel lösning. De alternativ som inte anses uppnå alla krav, är orimliga och/eller inte fysiskt genomförbara sällas bort. De alternativ som däremot ter sig genomförbara tas med till en konceptutvärdering och vidare till konceptval. (Produktutveckling- effektiva metoder för konstruktion och design, 2004). En morfologisk matris ansågs vara en effektiv metod i projektet för att välja ut olika designparametrar för slutkonceptet.

PUGHS MATRIS

En Pugh-matris är användbar då man har flera idéer på koncept som ska utvärderas och sällas bland. Olika idéer ställs emot varandra och vägs i förhållande till ett idealkoncept. Pugh-matris ansågs bra till projektet för att ställa idéer kring konceptvalet mot varandra och väga dess för- och nackdelar mot varandra med avseende på en funktionsanalys, kravspecifikation och problemformulering.

2.9 ILLUSTRERINGSVERKTYG

För att tydligt visa bilder och skisser på koncept och kunna förmedla tankar kring det används illustreringsverktyg som hjälpmedel för att skapa förståelse. Adobe Illustrator, Adobe Photoshop och CATIA V5 användes som illustrations-, bildbehandlings- och modelleringsprogram för att skapa tydliga illustrationer och bilder digitalt.

2.10 UTVÄRDERINGSMETODER

Utvärderingsmetoder är metoder som använts för att analysera och dra en slutsats kring ett visst område. De metoder som används är livscykelanalys samt en kostnadsanalys.

LIVSCYKELANALYS – SLCA

SLCA står för *Sustainability Life Cycle Assessment* och är ett hjälpmedel för att fastställa, utvärdera och kommunicera hållbarheten hos en produkt. Den ger en metodisk överblick över den sociala och ekologiska hållbarheten hos en produkt vilket i sin tur ger en färgkodad matris. Denna analys med färger ifrån rött och gult till grönt visar på effekten av olika produkter genom hela deras livscykel i relation till kraven på hållbarhet och ska på så vis försöka överlappa detta glapp. Röd färg tyder på *mycket dåligt*, där hållbarhetsprinciperna inte uppnås alls medan det för grön färg visar på *mycket bra* och att de fyra hållbarhetsprinciperna uppnås. För ett hållbart samhälle ska naturen inte utsättas för;

1. Koncentrationssökning av berggrundsämnen såsom tungmetaller och fossilt kol.
2. Koncentrationssökning av kemiska ämnen ur samhällets produktion såsom hormonstörande ämnen.
3. Undanträngning genom fysiska metoder bland annat skogsskövling och överfiske.

Samt att människor i samhället inte hindras systematiskt från;

4. Att tillgodose sina behov, exempelvis genom politiskt och ekonomiskt maktmissbruk.

(The Natural Step, 2006).

SLCA användes för att få en utvärdering på produktens hela livscykel och därmed kunna bedöma produktens miljöbelastningar. SLCA kan även tas till för vidareutveckling av produkten för att förbättra de mindre gröna områdena.

KOSTNADSKALKYL

En enkel kostnadskalkyl ska beskriva kostnaderna som ingår i projektet och ge en översikt av kostnaderna. Därefter kunde en slutsats dras om vilka prisnivåer som behövde tacklas.

3. FAS I: FÖRSTUDIE

Under fas I framgår förstudier på bakgrundsinformation från olika typer av studier för att mer djupgående studera områden som behöver tas fram inför projektet, som bland annat en nutidsanalys, fakta om materialet polyuretan och även hur dagens lösning fungerar för att hantera materialet vid återvinning.

3.1 OMVÄRLDENS FÖRUTSÄTTNINGAR

Idag råder stora debatter kring hur vår miljö påverkar vår hälsa. Olika typer av organisationer, statliga liksom icke-statliga, medverkar i strävan efter ett sundare liv och bättre livskvalitet. Flera plast- och kemiföretag vill svara på människors efterfrågan och tillgodose behoven om att ha en enklare vardag. I samband med att detta sker, finns även statliga myndigheter såsom Naturvårdsverket, som satsar hårt på att sätta upp mål och riktlinjer för en förbättrad syn på miljön och mot en hållbar utveckling i Sverige.

I samband med industrialismens snabba tillväxt har människans konsumtionsbeteende även ökat, detta har i sin tur gått hand i hand med den stora mängd koldioxidutsläpp som än idag sker (KTH, 2013). Transport, resande och konsumtion sker världen över och globaliseringen ökar i snabb fart. En vanlig syn som många idag har på konsumtion är att det ska vara billigt och lättåtkomligt.

Däremot har en annalkande trend börjat visa på motsatsen där allt fler konsumenter faktiskt börjar reflektera kring kvalitet på hälsa före pris. Då hälsa går hand i hand med miljö börjar även många prioritera miljöfrågor. Enligt Fairtrade (2014) har försäljningen haft en stark tillväxt åren 2012 till 2013, då fler produkter ges Fairtrade-märkningen och människors intresse för rättvisemärkta varor ökar.

Statistik från Hans Rosling, professor inom internationell hälsa samt en av grundarna till Gapminder, visar på att tillväxten av människor sker i en mer kontrollerad takt än vad det tidigare har gjort. Studier från Gapminder (2014) har visat, att länder där människor lever i fattigdom och med ett tidigare högt snitt antal barn per kvinna, har fått ett lägre snittantal barn per kvinna. Enligt Rosling var medelantalet barn per kvinna sju stycken i Bangladesh under 1960-talet och har sedan dess och fram till 2012 varit 2,5 barn per kvinna. Det beror på att flera organisationer har upplyst kvinnor och familjer om att fler barn leder till större fattigdom eftersom man får fler munnar att mätta. Denna företeelse med sjunkande antal barn per kvinna har visat sig ske världen över, men allra främst i de länder med extrem fattigdom. Dessa länder börjar i sin tur gå mot en snabbare utveckling och den ekonomiska tillväxten bidrar till att medelklassen i världen blir en allt större grupp. "Den nya medelklassen" kommer att ha ögonen på västvärlden och enligt Rosling är väst en viktig förebild för den framtida medelklassen. Med det menar

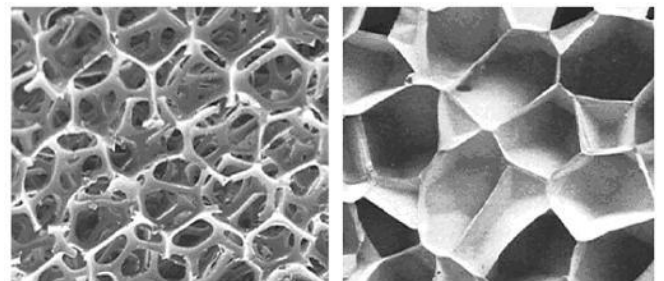
Rosling att ett mer medvetet beteende hos västvärlden kan ge en stabilare hållbar utveckling och en värld där tio miljarder människor kan leva sunt och lyckligt.

Forskning drivs av vad samhället efterfrågar och inom plastindustrin vill man få fram de optimala materialen med ett antal olika egenskaper. Då plast är ett sådant material som är relativt lätt att framställa går utvecklingen i rask takt. Många material som framställs blir allt komplexare och företagen själva har valfriheten att bestämma vilka egenskaper materialen ska ha- allt för att möta konsumenternas efterfrågan. Detta gör att många material inte är av helt ren form där återvinningen av dessa komplexare material blir en utmaning. Vanligtvis hamnar dessa blandmaterial som energiförbränning. Enligt miljömålen i Sverige och EU-direktivets avfallstrappa ligger energiförbränning långt ner i prioritetslistan och därför vill man försöka ändra vanan med förbränning och istället återvinna eller återanvända materialen.

3.2 MATERIALET POLYURETAN

Polyuretan är en bred polymergrupp som kan anta många olika former, allt från en styv solid till ett mjukt skum. Polyuretan gör sig även känt under benämningen PUR eller uretanplast. När de två vätskiga komponenterna blandas- polyalkohol (polyoler) och polyisocyanater (vanligen MDI och TDI), fås det som kallas för polyuretanskum. Beroende på vilka

egenskaper man vill att skummet ska ha så kan blandningen mellan dessa komponenter varieras. TDI står för toluendiisocyanat och används för att få flexibilitet i skummet. MDI står för metylendiisocyanat och används för både flexibla, medelstyva som flexibla, styva skum Polyuretan framträder i solid form eller skumform, där skummets sammansättning skiljs åt beroende på vilken slags isocyanat och tillsats man använder samt ifall en så kallad blåsagent används. En blåsagent är det som skapar skumstrukturen i materialet. Genom denna variation hos skummet kan det ges olika struktur och egenskaper (Niskanen, K. Wallsten, S., 2013). En kategorisering för skummet görs beroende på om dess celler är slutna eller öppna, se skillnaderna i figur 4. Skummet kan, beroende på om cellerna är slutna eller öppna, anta allt ifrån en mjuk och flexibel form, till en hård och styv form. Genom dess möjlighet att skapa både öppna och slutna celler kan polyuretanet användas till en mängd områden. Polyuretan är ett luktfritt och okänsligt material som inte spricker eller krymper (ISOPOL, 2014).



Figur 4-Jämförelse mellan öppna och slutna celler, (Posterus, 2010).

Polyuretan förekommer vanligtvis som hårdplast, men ibland även som termoplast. Hårdplast är en polymer som efter att ha härdats inte kan formas om på nytt. Detta för att plasten under härdningen blivit sammanhållen genom tvärbindingar, vilka ej kan brytas. Dessa molekylära tvärbindingar hos plasten kan ej heller lösas upp, bara svällas upp. Termoplaster däremot, kan omformas vid uppvärmning. Därför kan plastprodukter gjorda av termoplast smältas om och återvinnas till skillnad från de gjorda av hårdplast. Termoplaster kan även lösas upp vilket beror på att dess struktur är uppbyggd av linjära och/eller förgrenade polymerer, vilka hålls samman genom svagare, intermolekylära bindningar (NE, 2014).

3.2.1 POLYURETANSKUMMETS EGENSKAPER

Då polyuretanskummet är ett mångsidigt material med bred variation av densitet och form så har materialet således även olika egenskaper. PUR-skummets egenskaper kan framhävas eller modelleras olika beroende på tillämpningsområdet. I detta projekt ligger störst fokus på att beakta egenskaperna för flexibelt polyuretan och dess främsta egenskaper är:

- God komfortmöjlighet
- God ljudisoleringsförmåga
- Bra på att isolera temperaturer
- Bra på att dämpa vibrationer och stötar
- God vätskeabsorption

Eftersom utvecklingen inom kemiteknik och produktutveckling går i snabb fart, följer även polyuretanets utveckling med. Med detta blir polyuretanet alltmer mångsidigt och tillverkningen blir effektivare, vilket bidrar till desto innovativare och billigare användningsområden (PUR-gruppen, 2014).

3.2.2 ANVÄNDNINGSMRÅDEN

Användningsområdena för PUR-skummet idag är många eftersom skummet kan tillverkas med de egenskaper man själv önskar. Hårt PUR-skum med slutna celler finns som byggnadsisolering, golvmattor, i kylskåp etcetera. Där ställs högre krav på styrka och isoleringsförmåga och där är fukt eller vattenkontakt inte lika känsligt, då de slutna cellerna gör det svårt för vattenånga att tränga igenom (Foam-tech, 2014).

Exempel på områden där flexibelt PUR-skum återfinns är bland annat i sängmadrasser, sittmöbler och liknande produkter där komfort har stor betydelse. Polyuretan har förmåga att ge stöd, vara hållbar och behålla sin form. En typ av polyuretan är ett så kallat *minnesskum*, vilket formar sig efter en människas kroppsform och ska således ge en god komfort. Minnesskum används vanligen inom vården där det förhindrar människor till sängs från trycksår (Polyurethanes.org, 2014).

Ytterligare en bred marknad för flexibelt polyuretanskum är i användningsområden till fordon och flygplan. Där prioriteras

komfort, vikt och energibesparing under en längre användningsperiod. Materialets egenskaper såsom dess mjukhet, att det är lätt att forma samt den låga vikten har då tillvaratagits (PFA, 1997).

Hos fordon förekommer vanligtvis polyuretanskummet i armstöden, sätena, nackskydden och inuti karossen. Där fyller skummet en vibrations- och stötdämpande, ljud- och temperaturisolerande funktion. Hos en genomsnittlig bil beräknas andelen polyuretanskum vara 10 % av den totala plastmängden i bilen. De främsta applikationsområdena för skummet i bilar är sätessfyllnad, mattunderlag, dörrpaneler och som ljudabsorberande och vibrationsdämpande material i instrumentpanelen (Polyurethanes, 2014).

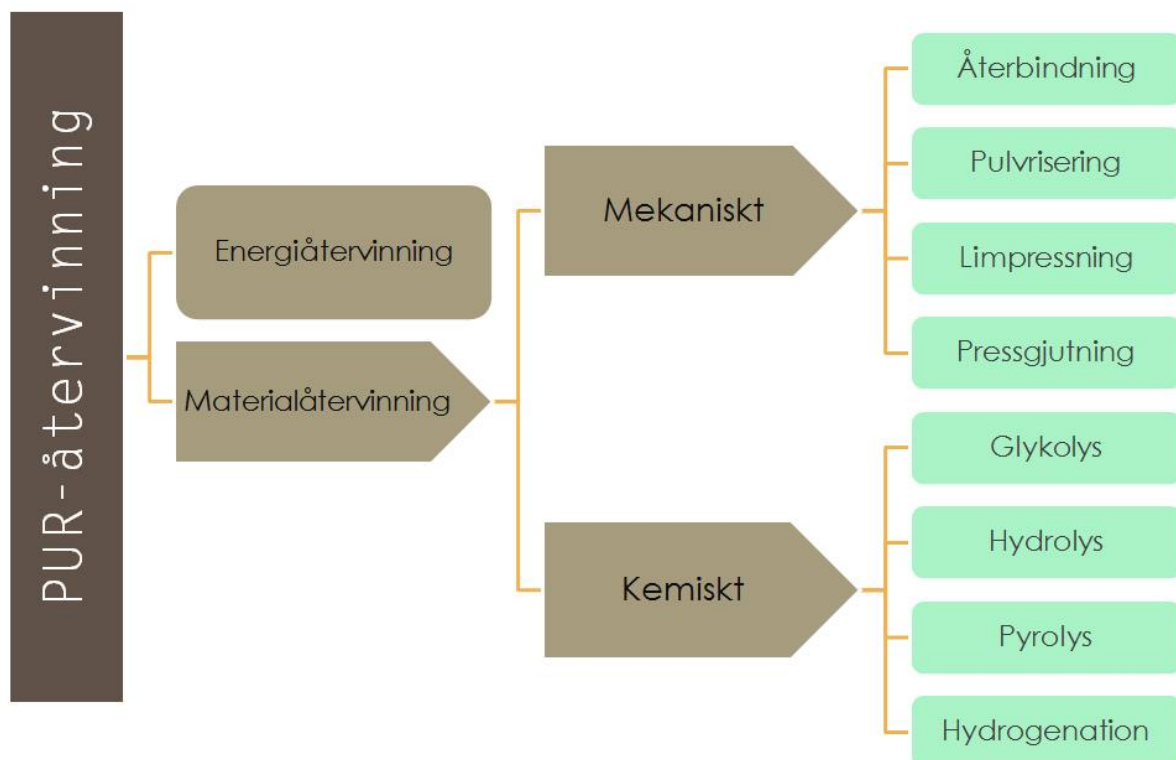
3.2.3 ÅTERVINNINGSMÖJLIGHETER

Idag finns flera typer av återvinningsmetoder för polyuretanskummet. På grund av materialets karaktär, det vill säga att det flexibla PUR-skummet är en hårdplast, kan det inte smältas ned och formas om till något nytt. Istället återvinns materialet

eller energin som PUR-skummet erhåller.

Energiåtervinning ses inte som en ren återvinningsmetod, men anses ändå ligga inom kategorin för återvinning.

Materialåtervinningen däremot görs med hjälp av mekanisk bearbetning eller kemisk beredning. En överblick på de olika återvinningsmetoderna illustreras i figur 5.



Figur 5-Överblick på återvinningsmetoder för PUR-skum

De mekaniska återvinningsmetoderna är:

Återbindning

Genom att riva ner flexibelt och mjukt polyuretanskum i småbitar, tillsätter man sedan ett bindemedel som håller ihop bitarna. På detta sätt återvinns materialet för att kunna tillverka ett mer kompakt skum.

Pulvrisering

PUR-skum kan trimmas eller malas ned till

ett pulver som man därefter tillsätter och blandar med nytt jungfruligt PUR-skum.

Limpresning

Först granuleras PUR-skummet till mindre bitar och sedan blandas det med en stark bindare. Genom tillförsel av tryck och värme kan skummet pressas samman. Denna metod liknar den för återbindning.

Pressgjutning

Genom att pressa skummet med högt tryck i en gjutform kan man återvinna skummet och få fram ett hårdare och mer kompakt material.

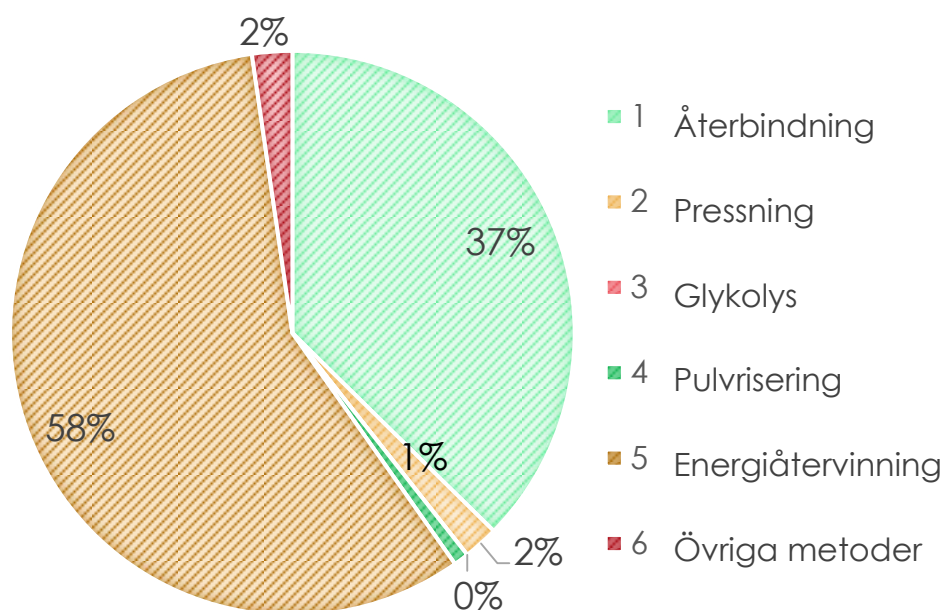
De kemiska återvinningsmetoderna är glykolys, hydrolys, pyrolys och hydrogenation. Dessa metoder är olika typer av molekylära nedbrytningssätt som skiljs åt beroende på vad som önskas brytas ned. Detta görs för att ta tillvara på och återvinna de grundämnen som ursprungligen använts vid tillverkningen av PUR-skummet.

Idag återvinns den största mängden polyuretan i främst Nordamerika, men mycket återvinns även i södra Europa. Mycket av PUR-skummet som återvinns görs till mattunderlag och i Nordamerika återvinns nära 200 miljoner kilogram skum varje år (PFA, 1994). Enligt American

Chemistry (2014) användes drygt 450 000 ton återbundet PUR-skum under 2010 till stoppning i mattunderlag. I tabell 1 nedan, visas ett diagram som illustrerar de vanligast förekommande återvinningsmetoderna för polyuretanskum (M. Fröling, 1998). Där tar *energiåtervinning* första plats som vanligt förekommande återvinningsmetod och på andra plats kommer återbindning. Därefter följer pressning och glykolys på cirka 2 % och pulvrisering samt övriga metoder på cirka 1 %.

För att ta hänsyn till EU-direktivets Avfallshierarki, som visades i avsnitt 2.1, vill man undvika deponi men även energiåtervinning, som det enligt diagrammet visar på att vara den vanligaste metoden vid återvinning av PUR-skum.

ÅTERVINNINGSMETODER FÖR PUR-SKUM



Tabell 1 Fördelningen på de vanligaste återvinningsmetoderna

3.3 ÅTERVINNINGSSÄTT : ÅTERBINDNING

Det vanligast förekommande återvinningssättet för polyuretanskum i dag, förutom energiåtervinning, är med den mekaniska metoden återbindning. Enligt ISOPA (2001) återbinds nära 50 000 ton skum varje år i västra Europa där metoder samt tillämpningsområden ständigt utvecklas.

Denna tillverkningsmetod valdes därför till projektet eftersom tidigare års examensarbeten hade ett påbörjat arbete inom återbundet PUR-skum, samt att den är en vanlig metod och enkelt går att finna information om. Dessutom finns ett flertal företag med breda kompetenser inom området.

3.3.1 DET ÅTERBUNDNA PUR- SKUMMETS EGENSKAPER

När polyuretanskummet återbinds, som tidigare nämnt i kapitel 3.2.3, rivs skummet ner och blandas med ett bindande eller ett jungfruligt material. Det medför då att materialets egenskaper skiljer sig från egenskaperna som jungfruligt polyuretanskum har. Det återbundna skummets kvalitet beror bland annat på vad för typ av skum som rivs ned, hur stora bitarna som rivs ner blir och även hur stora proportioner bindmaterial eller jungfruligt material som blandas. Beroende på varifrån det återbundna skummet kommer blir dess färg således varierande. För helt nytillverkat skum från fabrik är flödet av

detta skum, med en viss typ av färg, enklare att separera från varandra. Exempel på polyuretanskum från två olika tillverkare kan ses i figur 6, där variationen i färg, densitet och upplevd kvalitet är påtaglig.



Figur 6- Exempel på skum från två olika tillverkare (Niskanen, K. Wallsten, S., 2013)

Typisk fysikalisk data från ISOPA (2001) beaktas därför som referensram till de egenskaperna som det återbundna skummet får efter återvinningsprocessen. Dessa data visas i tabell 2.

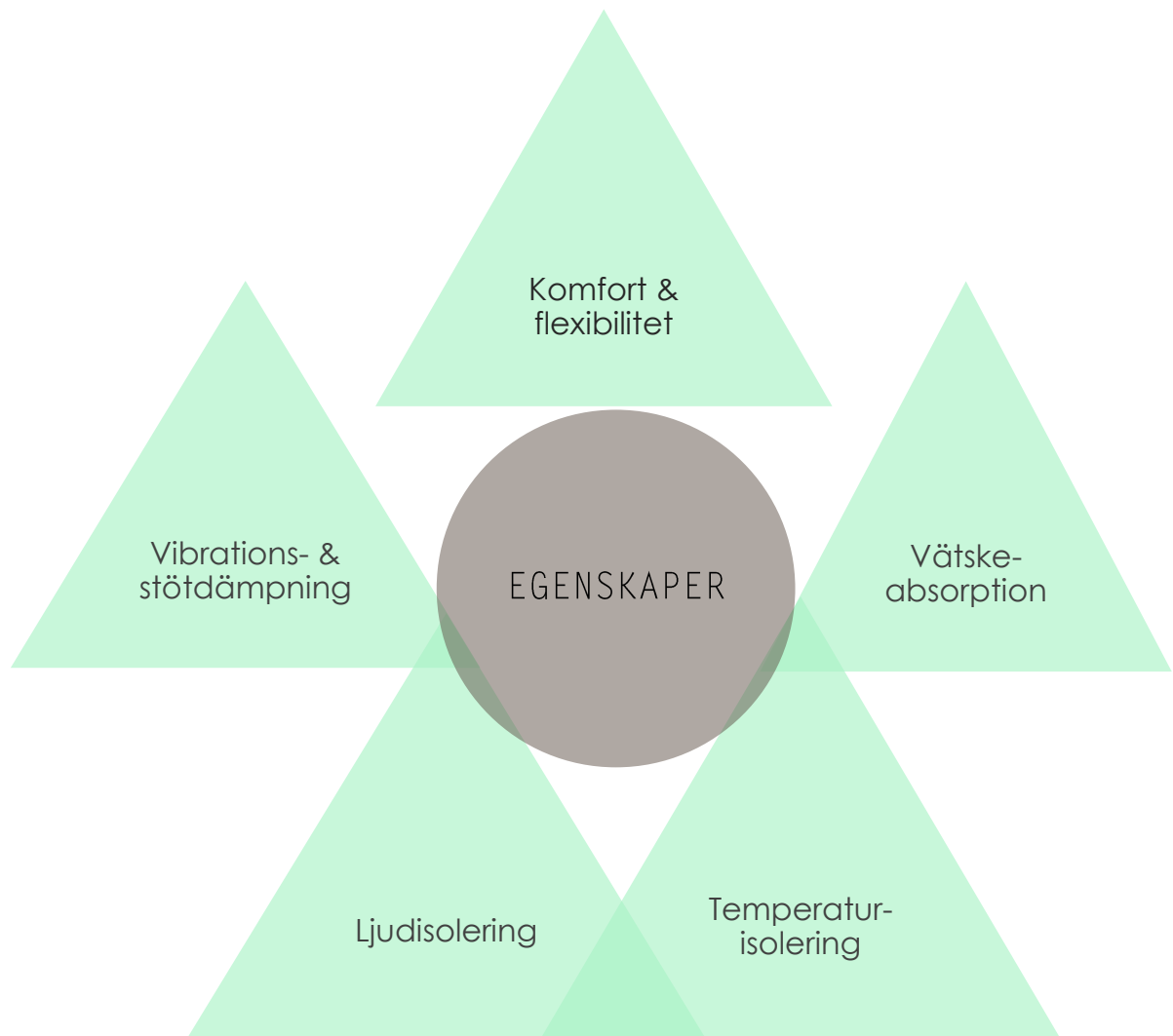
Trots att återbindning ger materialet en högre densitet än den densitet som jungfruliga material har, vilken brukar vara mellan 12 – 100 kg/m³, behålls materialets

flexibilitet då elongationen vid brott fortfarande kan hållas väldigt högt (Plast- & Kemiföretagen, 2012).

För att få en tydlig överblick på vilka egenskaper som det återbundna PUR-skummet erhåller, visas en övergripande bild på dessa fem främsta egenskaper i figur 7 på nästa sida.

Återbundet PUR-skum	
DENSITET	60 – 300 kg/m ³
BROTTGRÄNS	40 – 150 kPa
ELONGATION VID BROTT	40 - 90 %

Tabell 3- Egenskaper hos återbundet PUR-skum



Figur 7- Övergripande figur på egenskaper hos återbundet PUR

4. FAS II: SAMARBETSMÖJLIGHET REALIZE

I MISTRAs forskningsprojekt "Closing the loop" ingår bland annat "Realize", vilket är ett projekt med huvudmål att ta fram strategier för att resurseffektivisera återvinningen av fordon. Samarbetet sker mellan Chalmers Industriteknik, Stena Recycling och tre bildemontörer på olika geografiska ställen i Sverige.

Realize har med egna ord beskrivit hur de ska gå till väga:

- *"Utveckla och utvärdera tekniska lösningar för återvinning av fordon: demontering, fragmentering, sortering och behandling av restfraktioner."*
- *"Kartlägga användning och återvinning av kritiska material i fordon."*
- *"Identifiera organisatoriska och institutionella möjligheter att stödja utvecklingen av svensk återvinningsverksamhet."*

Då fordon är relativt komplexa innehåller de en mängd olika material (Realize, 2014). När bildemontörerna har tagit ut de delar, vätskor och övriga föremål som måste plockas ut enligt svensk lagstiftning, säljs de vidare till ett återvinningsföretag där priset sätts med avseende på vikt. Tydligare beskrivning om hur återvinningsprocessen går till, tas upp i följande delkapitel.

4.1 ÅTERVINNINGSPROCESSEN AV FORDON OCH DESS MARKNAD

Stena Recyclings intresse i

materialåtervinningen är att utvinna olika typer av metaller som sedan kan säljas vidare. Vid fragmenteringen av fordonen sorteras material som anses ha höga värden, främst metaller, med hjälp av olika tekniker. När materialen sorteras ut finns det en sektion av material som klassas som "icke-metaller", eller ett så kallat "fluff". I denna sektion ingår de lätta materialen som finns i fordonen bland annat textilier, och plaster, som bland annat PUR-skum. Denna fraktion av fluff går idag till energiåtervinning, eftersom det ses som en väldigt blandad fraktion där materialen inte går att urskilja. Detta "fluff" blir en kostnad för Stena eftersom "fluffet" får med sig partiklar av koppar och andra metaller med högt värde. Denna fraktion av fluff blir även en kostnad då det är en process i sig att ta hand om det. Det ligger därför i Stenas intresse att minska på denna "icke-metalliska" fraktion och i att samarbeta med Realize för att resurseffektivisera återvinning av fordonen.

4.2 FÄLTSTUDIE HOS EKLUNDS BILDELSLAGER

Eklunds Bildelslager är en bildemontering med anläggning i Skövde. Dit kommer krockade, skadade och/eller gamla bilar för att skrotas. Bilarna demonteras av den anledningen att de inte kan, eller är lönsamma nog att repareras.

Demontörerna plockar ut så mycket som går av delar som kan återanvändas. Delar som kan återanvändas putsas till och hamnar på bildelslagret för försäljning som reservdelar. I dagsläget finns ungefär 110 000 bildelar på Eklunds bildelslager.

Varje vecka skrotas i genomsnitt 80 bilar hos Eklunds där var bil tar i snitt tre timmar att plocka isär. Det första som görs är att tömma bilen på vätskor samt lossar på bildäck. Därefter tas metaller ur såsom stål, aluminium och koppar, då dessa har ett högt andrahandsvärde. Pyrotekniken detoneras även ur fordonen såsom airbags innan bilen kan plockas isär ytterligare. Eklunds mål är att minimera energiförbrukningen, att öka återanvändandet av reservdelar samt öka återvinningsgraden av råvaror och därför ser man till att ta tillvara på så många delar ur bilen som möjligt innan man skickar iväg karossen.

I snitt väger en ny bil 1-1,5 ton. Efter att man plockat ur delar väger varje bil i genomsnitt 1 ton. Eklunds får betalt per ton för varje skrotad mängd bilar där dagspriset för närvarande ligger på 800 kr per ton. Det innebär alltså att Eklunds i snitt får betalt 800 kr per skrotad bil och i snitt 64 000 kr i veckan på skrotade bilar.

Eklunds Bildelslager har som sagt som mål att öka återanvändandet av reservdelar men där finns förstås en gräns på hur mycket som är lönsamt att plocka ur bilen. I dagsläget är plast inte lika lönsamt som metall att plocka ur för vidareförsäljning då dess andrahandsvärde inte är särskilt högt. En anställd på Eklunds kostar företaget

cirka 600 kr i timmen, vilket gör att det blir en ekonomisk fråga i hur mycket komponenter denne kan och hinner plocka ur fordonen. Hänsyn måste alltså tas till det viktpris som Eklunds får för att skrota bilarna, samt den timpenning som läggs på varje anställd, om det ska vara värt att plocka ur sätesskummet eller inte.

4.3 POTENTIALEN I PUR-SKUMÅTERVINNING HOS FORDON

I dagsläget avvecklas cirka 80 bilar per vecka på Eklunds Bildelslager, vilket är över 4000 bilar på ett år. Om man räknar på att en bil i snitt har fem säten i sig är det en enorm mängd material i form av textilier, plaster och polyuretanskum som dumpas varje år, inte minst till förbränning. Enligt Claes Juneström¹ väger ett helt säte med sits och ryggstöd i snitt 30 kilo där stålramen och fjädringen utgör den största vikten. Vikten varierar beroende på om stolen är elektrisk eller manuell där den elektriska stolen väger ungefär två kg mer än den manuella.

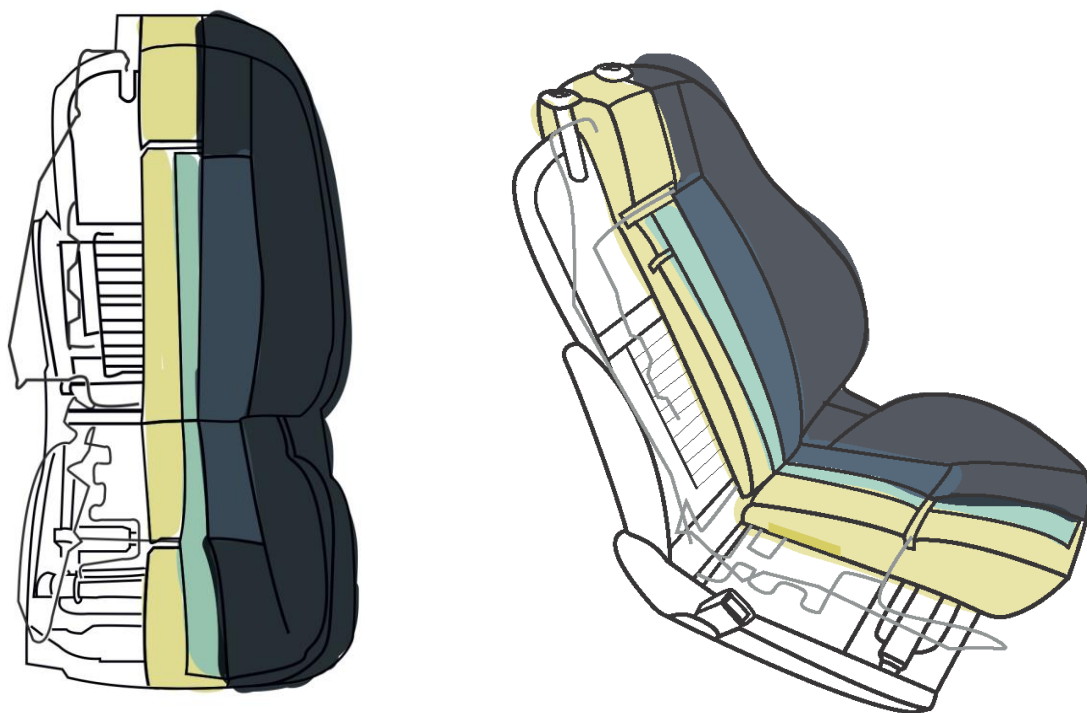
Enligt Rory McCoo² väger, å andra sidan, skumgummit, alltså polyuretanskummet, i ett säte i genomsnitt tre kilo. Det innebär att varje bil i snitt innehåller 15 kilo skum. I en demonstration visades det att skummet

¹ Claes Juneström (Ordermottagare och Cabasansvarig, JB Bildemo) intervjuad av författarna den 16 april 2014.

² Rory McCoo (Verkstadschef, Eklunds Bildelslager) intervjuad av författarna den 27 mars 2014.

är relativt lätt att ta isär från stålramen som är ingjuten i skummet. Sätena består mestadels av nytt polyuretanskum, men en liten andel av det skum som finns i sitsen

är återbundet skum, vilket illustreras med mörkgul färg i figur 8 nedan.



Figur 8- Illustration av ett bilsäte i genomskärning framifrån och profil

Skummet ur ett säte är inte tidskrävande eller komplicerat att plocka ur, där Eklunds själva bedömer tiden till fem minuter för att rycka loss allt skum ur sätena i bilen. Det kritiska i urtagningen av sätena ur bilen är om man inte detonerat pyrotekniken så airbagen kan explodera när man skär loss sätena. Så länge man har detonerat denna är risken minimal att något farligt skulle ske i samband med urtagning av bilsätena.

Förr fann Eklunds anledning att plocka ur polyuretanskummet ur bilsätena då de använde skummet till packmaterial för

emballage. De sparade således pengar och material på att återanvända skummet som skydd till gods vid frakt istället för att köpa in särskilt packmaterial, exempelvis bubbelplast. I samband med att alltfler bildemontörer i Sverige började samverka bildades samverkansföretaget MärkesDemo. Företaget MärkesDemo är startat av Sveriges tjugonio främsta bildemontörer vilket ska underlätta bildelsförsäljningen. Genom detta samarbete skapades krav på packmaterialet vid frakt där man krävde enhetlighet. Alla bildemontörer var därför tvungna att använda samma slags packmaterial och

därför fick Eklunds lov att sluta återanvända polyuretanskummet vid frakt. Vad beträffar återanvändning där ett nytt användningsområde för PUR-skummet ur bilsätena kan ges, ser Eklunds en potential i detta. Det går snabbt att plocka ur säten ur bilarna och den låga vikten som PUR-skummet besitter skapar inget större viktbidrag till det pris per ton Eklunds får per avvecklad bil. För hela intervjun med Rory McCoo, se bilaga 2.

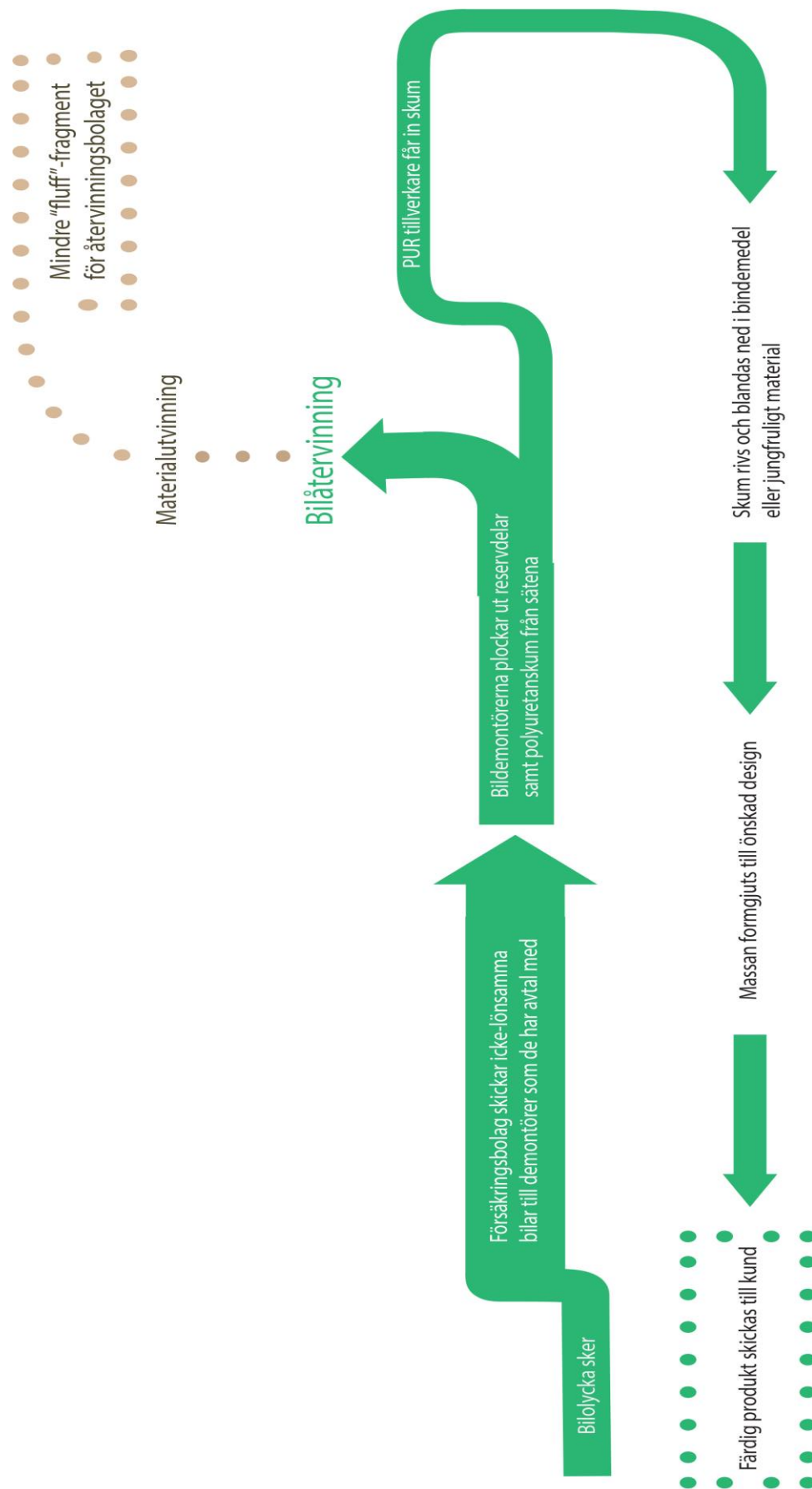
4.4 DISKUSSION KRING SAMARBETSPROJEKTET

I arbetet med att försöka sluta loopen för PUR-skum och hitta ett nytt användningsområde sågs ett samarbete med Realize som en möjlighet. Detta eftersom dem, liksom de i W2D-projektet, vill återföra och höja värdet på de material som finns i fordon idag och som vanligen går till energiåtervinning.

PUR-skum i fordon finns i så pass stora volymer att man går miste om all den mängd skum som endast går till förbränning, efter att fordonet tas ur bruk. Det vill säga, skummet idag har endast ett linjärt flöde men det hade varit mer hållbart ur miljö-, social- och ekonomisynpunkt att ge skummet ett cirkulärt flöde.

Vad som är väsentligt är till vilken typ av användningsområde man väljer skummet ur sätena ska gå till, hur potentiellt

området är på att uppfylla ett behov och vad dess andrahandsvärde kan bli där. Andrahandsvärdet på skummet i dess nya produktloop måste täcka den kostnad som Eklunds Bildelslager får betalt i vikt per avvecklat fordon samt den timkostnad extra det tar för varje anställd att plocka ur sätena ur fordonen. Det är därför av betydelse att andrahandsvärdet hos PUR-skummet i det nya användningsområdet är så pass högt prismässigt och intressant nog att tillgodose en marknad och människors behov. Den inställning Eklunds Bildelslager har är att de är positivt inställda till att återanvända och återvinna så mycket som möjligt av fordonen och de tror på möjligheten att ta ur skummet ur sätena för att implementera detta i en ny livscykel. Det övergripande flödet från det att ett fordon når skroten till att materialet tillämpas i en ny produkt, visas nedanstående i figur 9.



Figur 9- Materialflöde

5. FAS III: KONCEPTFRAMTAGNING

Under den tredje fasen togs potentiella användningsområden fram för att i ett senare skede av fas III vidareutvecklas till ett koncept. Detta koncept ska sedan utvecklas och formges till en slutprodukt, vilket beskrivs i kapitel 6.

5.1 KONCEPTKRITERIUM

Eliminering av framtagna användningsområden utfördes genom att ta hänsyn till fyra huvudkriterier. Dessa fyra kriterier ansågs viktiga att uppnå och motsvarade hållbarhetsdimensionerna samt drog nytta av materialet till fullo, då de togs upp i projektets frågeställning. Överblick visas i figur 10. Principerna användes som ramverk till att ta fram de potentiella användningsområdena:

Kriterium 1: Möjligheten att sluta loopen för materialet.

Då syftet med projektet är att ta tillvara på materialet är det även vitalt att tillämpa materialet i ett användningsområde där det är möjligt för materialet att återvinnas i fler cykler. Detta genom att materialet utsätts för lågt slitage, en anpassad användningstid och en lång livslängd.

Kriterium 2: Kunna ersätta kostnaderna för bildemontörernas timkostnad och vara högre i pris än det kilopris återvinningsbolagen erbjuder.

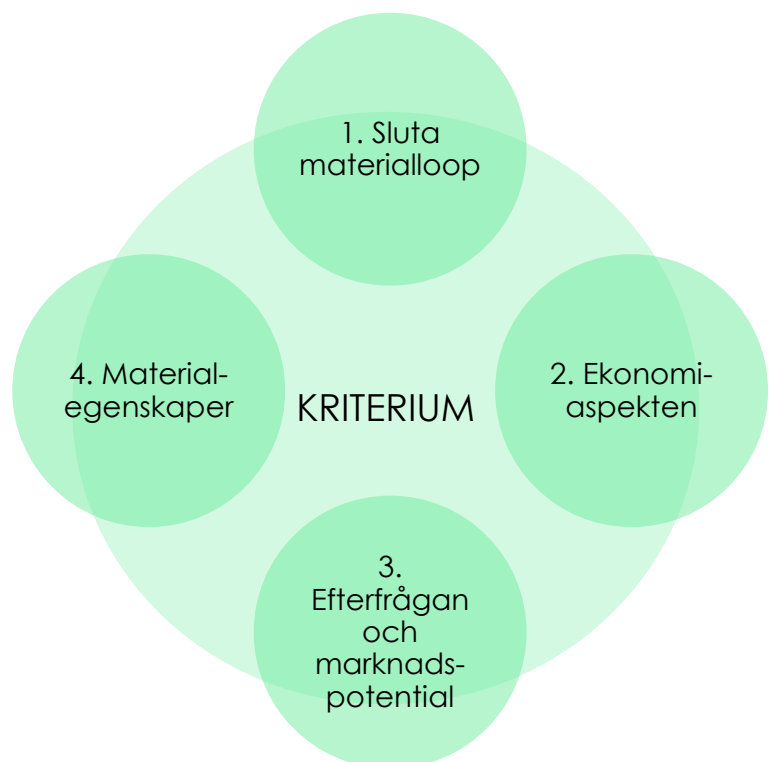
Den ekonomiska aspekten är att uppfylla de två viktigaste prisutmaningarna för de potentiella användningsområdena.

Kriterium 3: Kunna uppfylla efterfrågan från en marknad och ha en relativt hög marknadspotential.

Användningsområdet ska ligga i tiden, kunna tillfredsställa potentiella kunders behov samt lösa ett problem.

Kriterium 4: Kunna ta hänsyn till polyuretanskummets materialegenskaper.

Då polyuretan är ett mångsidigt material är en av de viktigaste principerna att ta tillvara på egenskaperna som materialet har, så att de inte går till spillo.



Figur 10- Överblick på satta kriterium

5.2 IDENTIFIERING AV ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Vid identifiering av användningsområden tillämpades en KJ-analys för att på ett brett plan generera potentiella användningsområden för PUR-skummet. Utförandet av analysen gjordes till en början utan hänsyn till olika egenskaper eller kriterier. Den gjordes för att vidga vyerna för användningsområdena. Dessa kategoriserades sedan i fem olika huvudkategorier.

I tabell 4 illustreras de fem kategorierna med de olika användningsområdena som togs fram vid KJ-analysen.

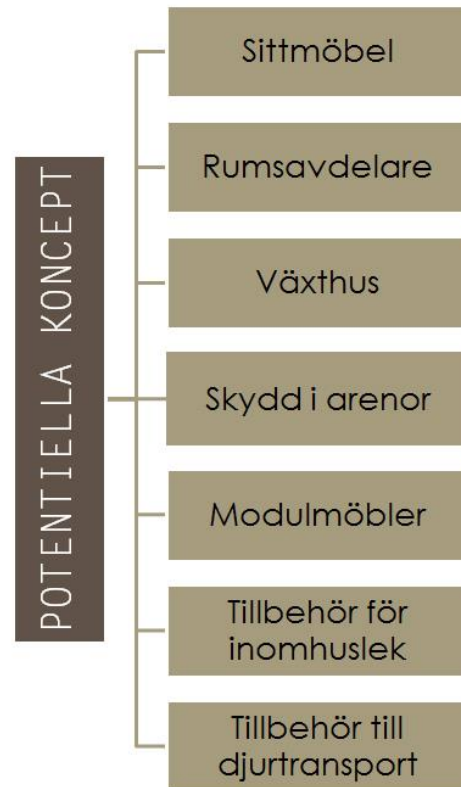
ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN				
INTERIÖR	EXTERIÖR	PERSONLIGT	SPORT & FRITID	TRANSPORT
Förvaring Sittmöbel Hylla Matta Soffbord Matbord Stol Vilomöbel Soffa Skärmvägg Väggpanel Golvskydd Rumsavdelare Dekoration	Eventutrustning Lekplats Solstol Parkbänk Trädgårdsmöbel Brygga Livboj/fendrar Växthus Vind-/sol-/regnskydd Uterum Garage/verkstad Avfallshantering Parkmiljö	Skyddsutrustning Sportutrustning Kläder (jacka, byxa, overaller) Skosulor Väskor (data, resväska) Tillbehör för funktionsnedsatthet (knäskydd, fotskydd osv) Gymartiklar Förkläde	Cykelvagn Hoppmatta Arenor Ridutrustning Hjälmar Pjäxor Surfbräda/snowboard Modulmöbler Inomhuslekplatser	Food truck Djurtransport Vagn Trädgårdsvagn Husbil/husvagn

Tabell 4- Potentiella användningsområden och koncept för återvunnet polyuretanskum

Koncepten från de fem olika användningsområdena kunde, utifrån de fyra konceptkriterierna som redovisades i avsnitt 5.1, kritiseras. Koncepten bedömdes utifrån hur de ser ut idag och även ifall de skulle kunna ha potential till vidareutveckling för att uppfylla konceptkriterierna.

Vid kriterium 1 låg störst fokus på att se potentialen till att materialåtervinna det valda konceptet. Kriterium 2 ifrågasatte hur komplext konceptet var, då detta skulle medföra att högre pris kan tas för en mer komplicerad produkt. Utifrån kriterium 3 diskuterades trender och marknadspotential för konceptet. Vid kriterium 4 togs materialets egenskaper till hänsyn, då de koncept som uppfyllde kriteriet åtminstone beräknades tillgodose 3 av de 5 bestämda materialegenskaperna, vilka illustrerades i figur 8.

Ett efter ett koncept diskuterades gentemot vart och ett av de fyra kriterierna. Slutligen visades sju koncept vilka hade uppfyllt alla fyra konceptkriterier och som ansågs ha störst potential till att utvecklas. Dessa sju koncept sammanställs i tabell 5.



Tabell 5- Kvarstående potentiella koncept

De sju potentiella koncepten i tabell 5, analyserades och utvärderades med De Bono's tänkarhattar, se bilaga 3. Med De Bonos utvärderingsverktyg ställdes de potentiella koncepten mot varandra kring olika aspekter. Utvärderingen bidrog till att ett koncept, tätt följt av ett annat, kunde utses som de allra bäst lämpade för det återbundna PUR-skummet. I jämförelse med varandra ansågs dessa två koncept väga tyngst bland övriga sju potentiella och blev således vinnarna. Det vinnande konceptet var modulmöbler, med rumsavdelare tätt efter, vilka slogs ihop till en kombination och beskrivs ytterligare i nästkommande avsnitt.

5.3 PRODUKTVAL: MODULVÄGG

Valet på det koncept som blev var modulmöbler tätt följt av rumsavdelare. Dessa sammanställdes till en kombination av rumsavdelare och modulmöbler då de båda ansågs kunna ge störst potential åt polyuretanskummets egenskaper samt kunna nå ut till en så stor marknad som möjligt. Kombinationen av dessa två valdes att benämnas modulvägg.

Tanken bakom konceptet modulvägg är att det ska vara en inredningsenhet som är flexibel och anpassningsbar för omgivningen och användarna samtidigt som den utestänger ljud.

Modulväggen syftar, som namnet antyder, till att vara modulariserbar samtidigt som den bakar ihop skärmväggars och ljudabsorbenters enskilda funktioner med att skärma av respektive absorbera ljud. Modulväggens storlek och utformning ska enkelt kunna bestämmas av kunden utifrån personlig stil och behov. En allmän funktionsanalys och kravspecifikation togs fram innan problemidentifieringen granskades närmre. Se bilaga 4 respektive 5.

5.3.1 PROBLEMIDENTIFIERING

För att ta fram en önskad och attraktiv produkt på marknaden behöver produkten tillgodose kunders behov. Genom att formulera ett problem utformas produkten så att denna blir en problemlösare för de potentiella kunderna. Utifrån omvärldsanalysen konstaterades det att livskvalitet prioriteras alltmer. Då

populationen och globaliseringen ökar, börjar det bli alltmer populärt att man söker sig till harmoni och avkoppling för att komma bort från vardagen.

Helena Jahncke (2012), doktor i psykologi på Luleås Tekniska Högskola, skriver i sin avhandling att höga ljudnivåer bidrar till sämre koncentration och prestation på arbetsplatser med öppna kontorslandskap. Detta kan under en längre tid medföra sjukskrivningar och ohälsa för personalen. I Sverige arbetar cirka två miljoner människor i öppna kontorslandskap.

Enligt Bodin Danielsson, arkitekt och kontorsforskare på Kungliga Tekniska Högskolan samt Stockholms universitet, kommer en ny trend inom kontor, så kallade flexkontor. Flexkontor är ofasta arbetsplatser som är aktivitetsbaserade och som bidrar till en mer varierad arbetsmiljö. Detta visar Bodin Danielsson i hennes avhandling att en varierande arbetsmiljö är hälsosammare än kontor med öppna landskap samt fasta arbetsplatser, skriver Rosengren (2012) för tidningen CIO (Chief Information Officer) Sweden. Ur en artikel från 2013 i Dagens Industri skrivs det även om trenden bland företag att ha öppna och föränderliga kontorslösningar då man använder lokalerna mer produktivt. I artikeln beskrivs bland annat Swedbanks, fastighetsbolaget Vasakronans och Försäkringskassans anammande av trenden att tillämpa flexibla kontorslösningar. I artikeln uttalar sig arkitekten och organisationskonsulten Thomas Nathorst-Böös hur intresset för kontorslandskap blivit större och att man allmänt kan säga att många anställda

värdesätter friheten med flexibla kontorslösningar. Där finns också andra stora företag som tar bort möjligheten för sina anställda att jobba hemifrån, just för att man vill att de ska jobba på kontoret (Dagens Industri, 2013).

En annan tydlig trend är även att individualiseringen har ökat i många områden. Genom att modulväggen i sig kan bli ett slags rum som utestänger ljud medför det möjligheter att kunna använda det som såväl ett tillfälligt utrymme som att skilja isär två omgivningar. Tack vare möbelns höga modulariserbarhet ger den således stor valfrihet vad gäller individualisering av miljön den befinner sig i.

5.3.2 SPECIFICERING AV PRODUKTENS HUVUDFUNKTIONER

Utifrån problemidentifieringen kan tre framstående problem skönjas:

- Ljudabsorption
- Avskildhet
- Flexibilitet

Dessa tre valdes därför till de huvudfunktioner för att lösa problemen. Dessa funktioner ska ligga till grund för vidareutformning av projektets slutkoncept och ska urskilja slutkonceptet från liknande lösningar idag. Liknande lösningar idag uppfyller oftast bara en eller två av dessa funktioner. För till exempel vägghängda ljudabsorbenter är funktionen endast att absorbera ljud medan det för skärmväggs funktion är att erbjuda

avskildhet. För att erhålla en god ljudabsorption måste konceptets ytförhållanden, ytstruktur och densitet tas i beaktning där dessa tre är direkt kopplade till hur ljudet utifrån samlas upp. För att kunna erbjuda avskildhet bör utgångspunkten vara huruvida man kan skärma av ett område från omvärlden och på vilket sätt.

Dessutom bör hänsyn tas till modulväggs placering i ett rum, hur och var den ska vara modulariserbar samt var den ska hållas samman, för att kunna erbjuda flexibilitet.

5.3.3 MODULVÄGG FÖR OFFENTLIGA MILJÖER

Då två av modulväggs huvudfunktioner är ljudabsorption och avskildhet kommer behov att finnas i större utrymmen. Potentiella tillämpningsområden för modulväggen ses därför i miljöer som till exempel stora lokaler, allmänna ytor och framförallt arbetsplatser med så kallade öppna landskap. Det kan vara kontor, bibliotek, skolor, uppehållsrum och på mässor. Modulväggen i dessa tillämpningsområden skulle återfinnas för att skapa ytterligare utrymme och ge en större valfrihet vad gäller lokaluppdelning ifall behovet av extra rum önskas. Då modulväggen ska vara flexibel bör den vara relativt enkel och smidig att bygga om för kunden så denne kan använda den flexibla väggen vid specifika tillfällen.

5.4 MARKNADSSTUDIE

Människor blir mer måna om att finna lugn och harmoni i hem och arbete vilket syns på tillväxten av bland annat ljudabsorbenter och avskärningsmöbler av olika slag. De finns idag på flera offentliga platser, arbeten och hem i många olika skepnader och stilar.

Allmänt gäller, att för ljudabsorbenter i offentliga miljöer exempelvis bibliotek krävs en annan typ av dämpning än den för exempelvis en tidningsredaktion. Detta för att olika miljöer har olika behov av ljuddämpning där den upplevda ljudnivån är den att ta i beaktning. Ingen miljö är den andra lik och därför krävs det att man för varje miljö ser just den i sin helhet. För ljudabsorbenter gäller även att de bör vara minst 40 mm tjocka för att effektivt kunna absorbera ljudenergi där en desto större tjocklek är bättre på att absorbera ljud (ZilenZio, 2013). För tillverkning av

golvsplacerade ljudabsorbenter finns inga krav på utformning, men däremot eftersträvas så stabila och kvalitativa ljudabsorbenter som möjligt för att dessa ska kunna bli certifierade enligt Möbelfakta. Möbelfakta är ett referens- och märkningssystem för svenska möbelbranschen och innefattar miljömässiga, tekniska och produktionsetiska krav. Systemet är ett hjälpmedel för producenter, inköpare, arkitekter, formgivare och andra som använder eller jobbar med möbler då det ger trygghet, säkerhet och en indikation på en stabil produkt (Möbelfakta, 2010). På följande sida har en marknadsstudie, figur 11, gjorts för att utforska vilka typer som finns idag och som används till att minska buller eller för att avdela rum.



Figur 11- Typer för ljudabsorbenter och rumsavdelare idag, Bildkällor ses i Källor kap.9

5.5 VAL AV DESIGNPARAMETRAR

För att bestämma designparametrar radades olika alternativ för modulväggens produktarkitektur upp i en morfologisk matris. De rubrikerna som ansågs väsentliga att bestämma för modulväggen togs då fram och dessa var:

- Grundutformningen på moduldelarna
- Hopsättning
- Densitet
- Tema
- Känsla

Utifrån brainstorming och analys från marknaden radades olika lösningalternativ upp till varje rubrik, se tabell 6. Varje lösningalternativ beskrivs utförligt i nästkommande avsnitt, kapitel 5.7 Formgivning. För designparametrarna togs fyra inspirationsförslag fram med tillhörande moodboard, i avsnitt 5.7.1.

YTFORM	HOPSÄTTNING	DENSITET	TEMA	KÄNSLA: HARMONI
• Trianglar • Kvadrater • Romb • Rektangel • Parallelogram	• Skruv • Plugg • Spår • Ram • Snöre • Snäppe	• Styv • Medel-styv • Mjuk	• Grafiskt/modernt • Mjukt och runt • Natur/"clean" • Retro • Shabby chic/lantligt • Industriellt	• Skog/natur • Marin/hav • Åkrar/äng • Stjärnhimmel • Kärlek/värme • Stadsljud • Maskiner i hemmamiljö

Tabell 6- Morfologisk matris på designparametrar

5.6 FORMGIVNING

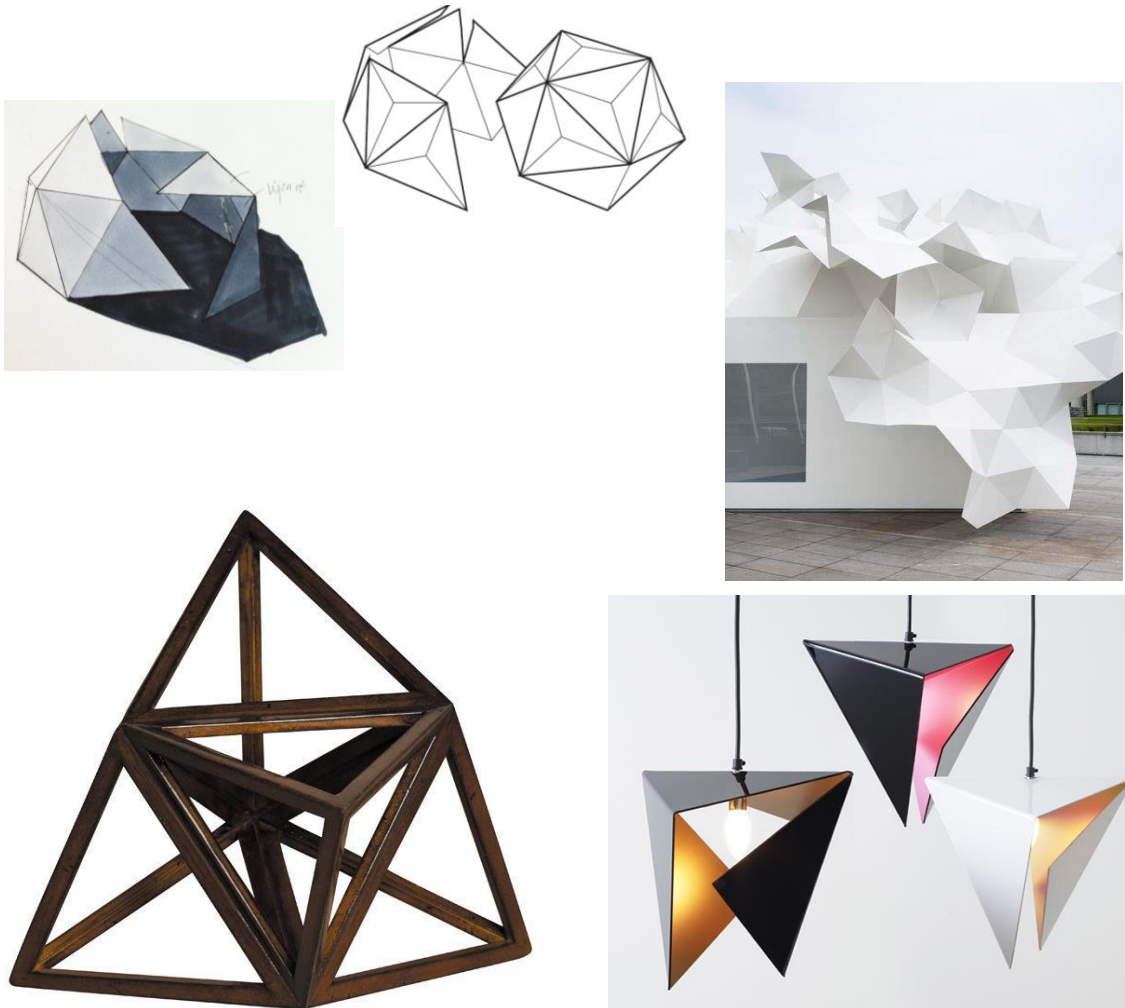
Allmänt är, för bästa ljudabsorption, pyramidala- och/eller kilformer att föredra enligt Mendel Kleiner³, professor i teknisk akustik på Chalmers Tekniska Högskola. Dessutom för andra faktorer såsom materialets ytskikt, om det finns något, materialets tjocklek, om materialet är fritt placerat eller mot en vägg, alltså om materialet svänger med eller är stelt monterat, samt materialets strömningsmotstånd mot luft, spelar dessa en viktig roll för ljudabsorptionen. Skarpa kanter föredras, liksom oregelbundenhet på materialets yta för att skapa ökad diffusion för det inkommande ljudet vid rumsavdelning. De första tankarna kring en modolvägg sammanställdes i form av modeller, figurer och skisser. Dessa tankar gav sedan förslag till fyra olika former med tillhörande inspirationsteman.

5.6.1 INSPIRATION TILL SLUTKONCEPT

Inspiration till konceptförslag togs fram med fyra teman som förmedlar olika typer av harmoniska känslor med förslag på och ytformer och hopsättningar samt densitet. Dessa fyra förslag vägdes mot varandra i en Pugh-matris, se bilaga 1.

³ Mendel Kleiner (Professor i Teknisk Akustik, Chalmers Tekniska Högskola) intervjuad av författarna den 30 april 2014.

INSPIRATIONSFORM 1: TETRAEDER/IKOSAEDER



Förslag 1 har en grundform som består av trianglar eller två ihopsatta trianglar, som bildar romber. Bygghelarna fästs ihop mot varandra med hjälp av utskurna spår längs kanterna av trianglarna. Genom att skjuta sidorna från två olika trianglar, låses de således fast med varandra. Den stil som förslag 1 ska förmedla är ett grafiskt och modernt uttryck, med en kombination av skog och natur. Detta för att med grafiska

mönster visa på modernitet samtidigt som att upplysa en organisk ton, för att inte glömma av hållbarhetssynen som produkten ska förmedla. Skyddsmaterialet ska bestå av tunna träskivor som ger en tydligare känsla av naturen. Densiteten på trianglarna av PUR-skum ska vara medelstyvt för att få fram det kantiga uttryck som trianglarna har.

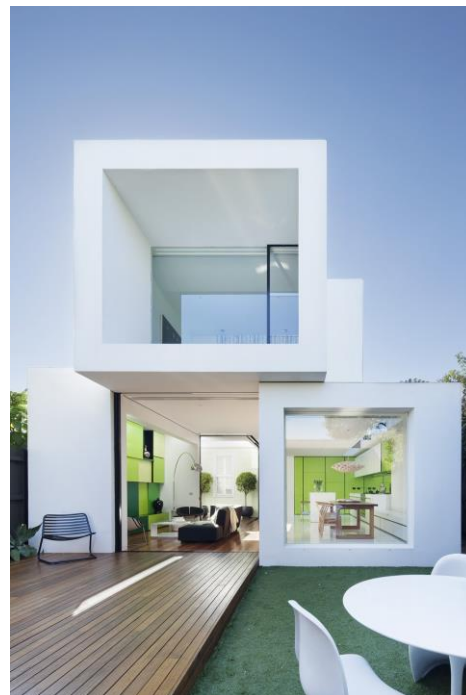
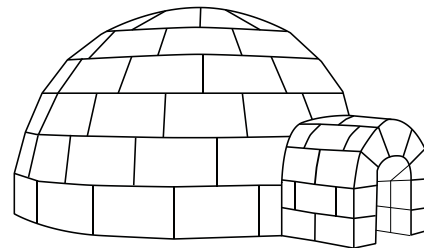
INSPIRATIONSFORM 2: KUB

Förslag 2 har kuber och block som grundelement, där infästningsmetoden mellan kuberna och blocken är pluggar och hål. Genom att ha pluggar och hål på varje kub, ges möjligheten att sätta ihop kuberna till många möjliga och breda variationer av modeller.

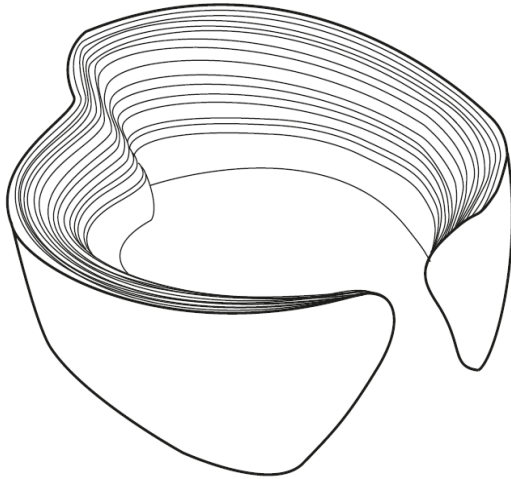


Uttrycket som förslag 2 ger är simpel och diskret i kombination med natur.

Densiteten på kuberna ska vara snarlik den mjuka jungfruliga densitet som återfinns i bilsätena. Skyddsmaterialet ska vara i tyg, för att framhäva en mjukare känsla.



INSPIRATIONSFORM 3: RUNDA FORMER I SKIVOR



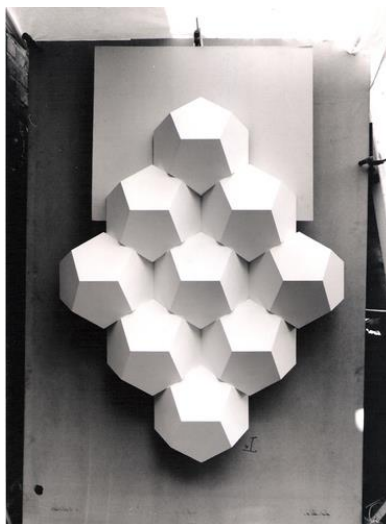
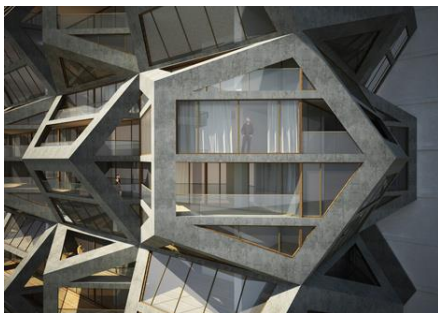
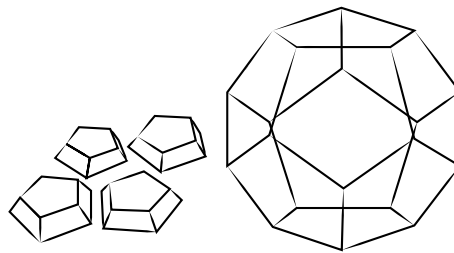
”Runda former i skivor” är det tredje förslaget, vilket består av tunna skivor av olika runda former. Skivorna sitter ihop med hjälp av pluggar och hål i ytterkanterna vilka gör att skivorna hålls ihop. I detta förslag lägger kunden en mer specifik beställning på storlek varefter skivorna formas och sågas ut. De mjuka kurvorna ska bidra till de naturliga och

organiska uttrycken som förslaget vill fånga. Skivornas densitet ska vara åt det styvare hållet. De pressade skivorna ska inte ha något skyddsmaterial alls, möjligtvis vara färgade med ett miljövänligt och vattenlösligt pigment som underlättar för sluthantering av produkten.

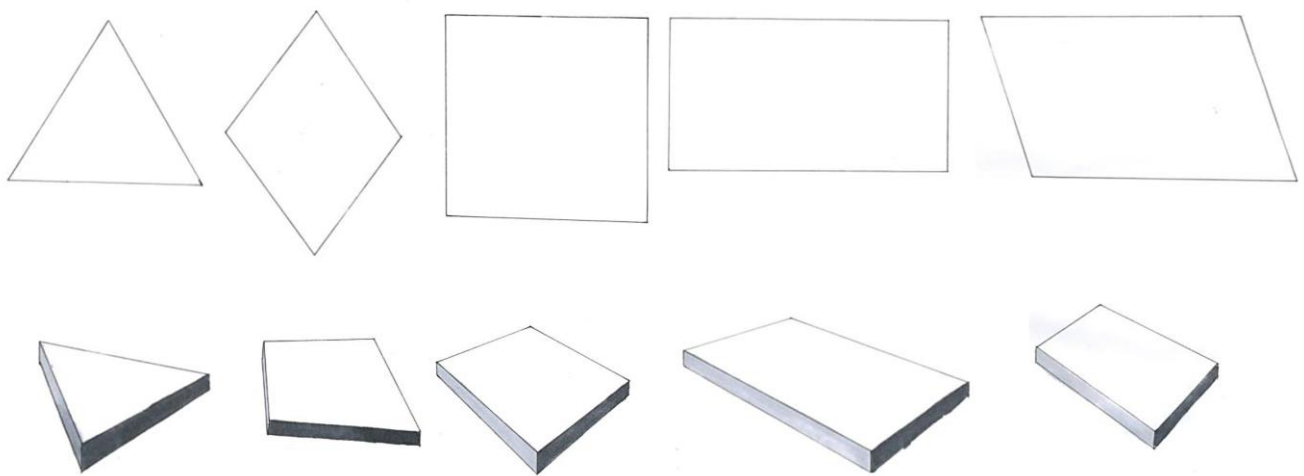
INSPIRATIONSFORM 4: DODEKAEDER

Det sista och fjärde förslaget har grundelement av hopsatta pentagoner som kallas dodekaeder. Fästningen av pentagonskivorna är spår som ligger mot varje kant och bidrar till en stor frihet och valbarhet av modeller. Den kantiga strukturen ska bidra med ett grafiskt och modernt uttryck som påminner om den urbana och minimalistiska livsstilen.

Densiteten på de återbundna och utskurna pentagon-skivorna ska vara medelstytv med ett skyddsmaterial av en plast. Den plast som ska fungera som skydd på utsidan av möbeln ska vara en mjuk och formbar plast och ligga som ett lager mellan PUR-skivan och spåret.



5.6.2 YTFORM



Figur 12- Grundformer för formgivning

De olika grundformerna för modulen var triangel, romb, kvadrat, rektangel samt parallelogram. Se följande figur 12.

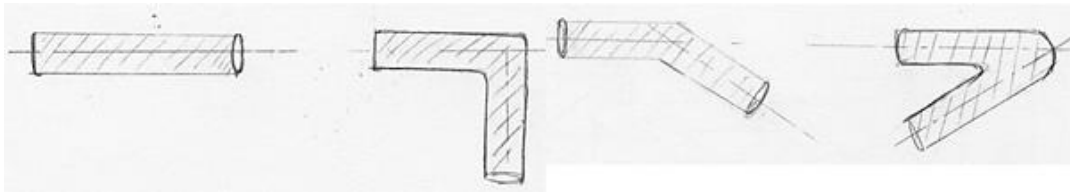
Tillsammans kan dessa fem grundformer, beroende på det antal som sätts samman,

bilda en hexagon. En hexagon blev den form som efter sammanslagning av dessa grundformer utvecklades till grundelement för modulväggen.

5.6.3 HOPFÄSTNINGSKONSTRUKTION

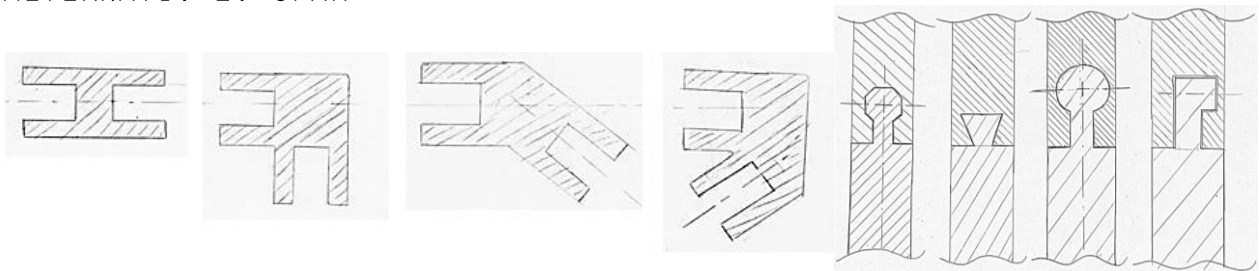
Som förslag på hopfästningar till modulväggen skissades idéer på skenor, pluggar, spår och ramar upp. Se de olika alternativen 1-5 nedan.

ALTERNATIV 1: PLUGG



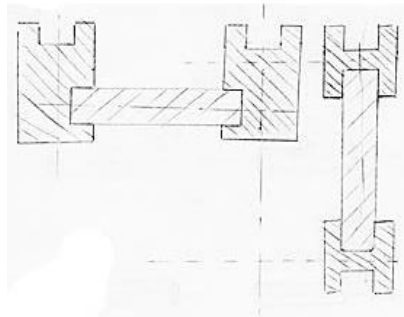
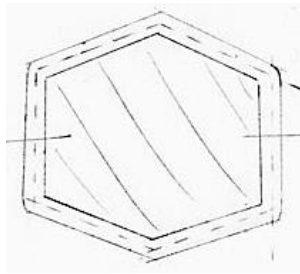
Genom att ha ett antal hål på vardera sida av hexagonerna kan hopsättningen ske med hjälp av pluggar. Dessa pluggar ska vara av jungfruligt PUR-skum men med högre densitet än det återbundna skummet. Pluggarna är styvare än hexagonerna och kan tryckas in utan verktyg. Pluggarna har böjningar i vinklarna 45, 90, 135 och 180 grader.

ALTERNATIV 2: SPÅR



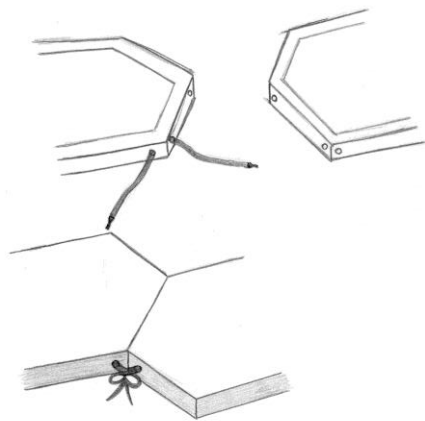
Med spår av en högre densitet än övriga skummet på hexagonen gör det att hexagonerna både blir förstärkta och sammankopplade till varandra. Spåren sätts på de sidor som ska kopplas ihop med en annan byggsten. Spåren är även böjda i vinklarna 45, 90, 135 samt 0 för att ha större valfrihet vid modellkonstruktionen.

ALTERNATIV 3: SPÅRRAMAR



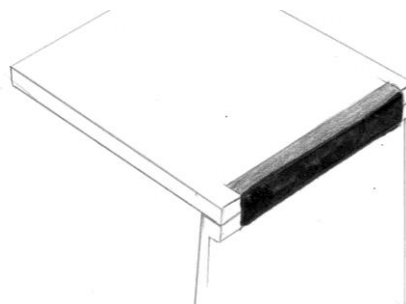
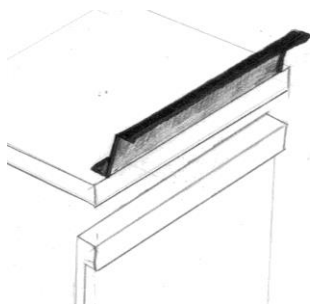
Spårramar är sammansatta spår som bildar en ram för hexagonen. Hexagonen som är av lägre densitet och mjukare material än ramarna trycks in i ramarnas spår. Spårramen har endast en och samma vinkel över hela ramen, vilket gör att hopsättningen endast blir seriekopplad.

ALTERNATIV 4: SNÖRNING



Alternativ 4 är att det görs hål på hexagonernas alla hörn. Vid sammankopplingen med en annan hexagon träas ett snöre mellan delarna och spänns sedan åt.

ALTERNATIV 5: SNÄPPE



Det femte alternativet är att varje hexagon har ett snäppe på ca 2-3 av de 6 sidor som hexagonen har. Detta snäppe är av högre densitet och därmed styvare. Vid sammankoppling låses den andra byggstenen fast med hjälp av snäppet och en upphöjd kant. Snäppena kan dock endast låsa fast i 90, 180 grader.

5.6.4 DENSITET

Densiteten hos det material som används för ljudabsorption spelar en viktig roll. För att ljudabsorbenten effektivt ska kunna absorbera ljud bör den antingen ha en hög densitet, nära 100 kg/m^3 , eller ha en hård kärna i mitten med 40 mm tjocka ljudabsorbenter på varje sida. Tack vare en hög densitet respektive en hård skiva som bromsar upp ljud kan ljudet absorberas. Densiteten är också avgörande för hur PUR-skummets struktur ser ut, med små eller stora porer. En hög densitet har

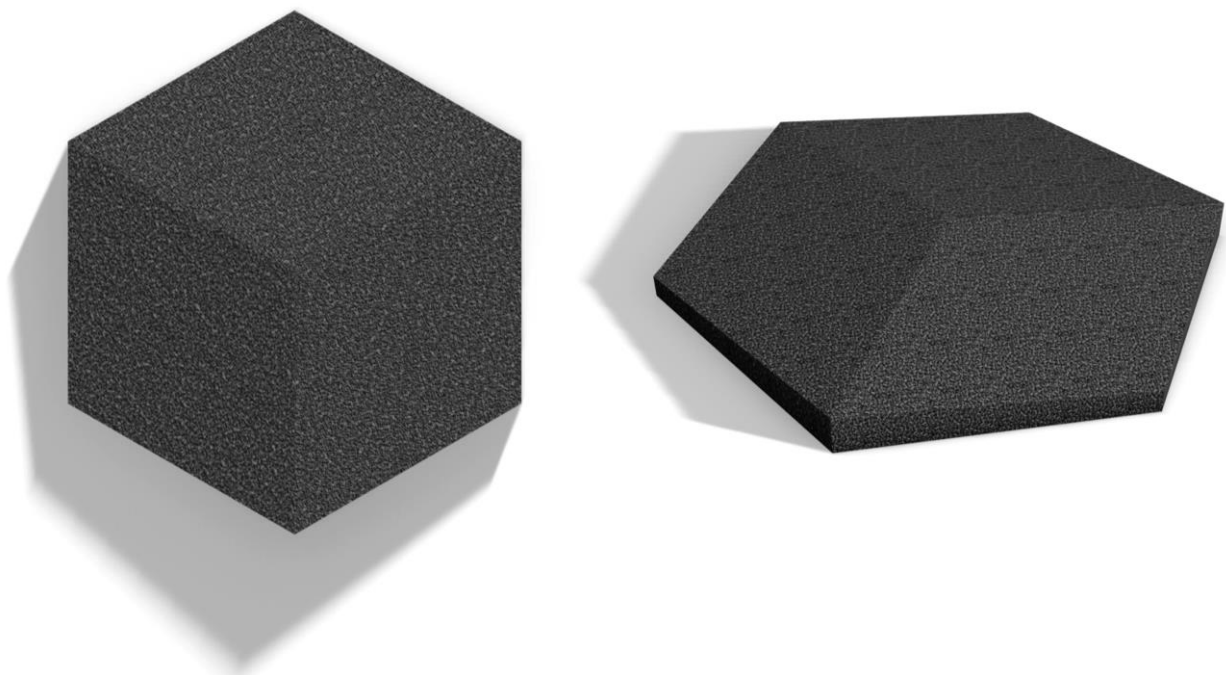
således mindre porositet till skillnad från ett material med låg densitet och större porer.

Dock är inte enbart densiteten hos ljudabsorbenten det som ser till att ljudet absorberas, utan det beror även på hur absorberande ytan är, hur möblemang och människor runtomkring är placerade (Soundab, 2014). Två provbitar ur bilsätet togs på den del som består av återbundet skum, se illustration av ett bilsäte i figur 8. Dessa provbitar vägdes och ett medelvärde på deras vikt uppmättes till 112 kg/m^3 .

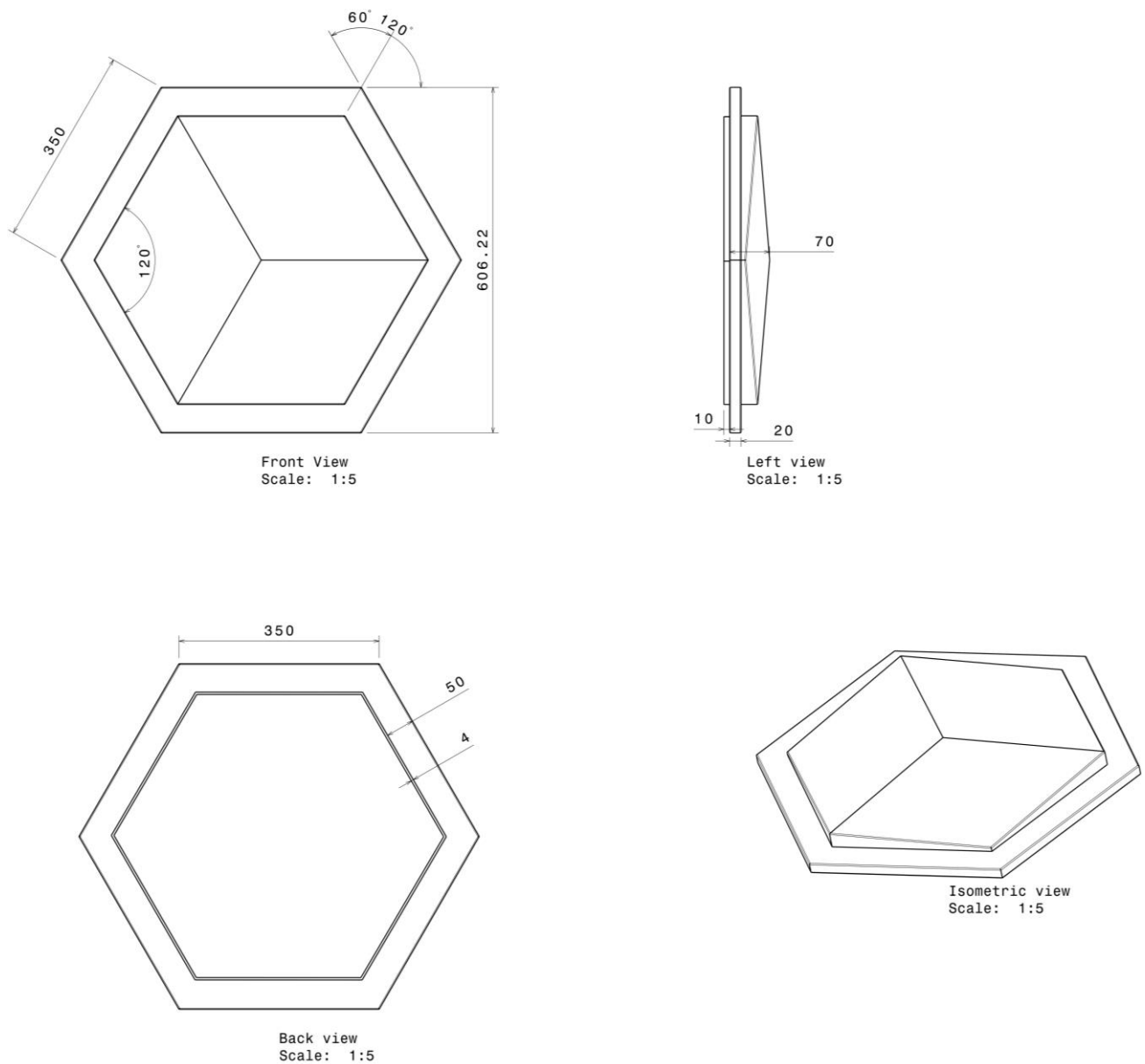
6. SLUTKONCEPT: RE-XAGON

Slutkonceptet Re-xagon är, som beskrivet, en kombination av en ljudabsorbent och skärmvägg. Kombinationen av de båda har mynnat ut i en modulvägg vilken kan utestänga ljud, ge avskildhet från omgivningen och sättas ihop till valfri form. Re-xagon består av sammansatta moduldelar av återbundet polyuretanskum, i form av hexagoner. Materialet på moduldelarna valdes att ha densiteten 110kg/m^3 . För att möta kraven på en bra ljudabsorption valdes moduldelarnas form i genomskärning att ges pyramidal.

Grundelementen består av hexagonplattor med en kilform ovanpå. Se figur 13. Dessa former stärker valet av ett kantigt utförande då skarpa kanter ökar diffusionen på det inkommande ljudet. Hexagonskivornas måttsättning visas i figur 14, där vardera skiva uppmättes till 1,26kg. Färgen hos moduldelarna är i grå ton.

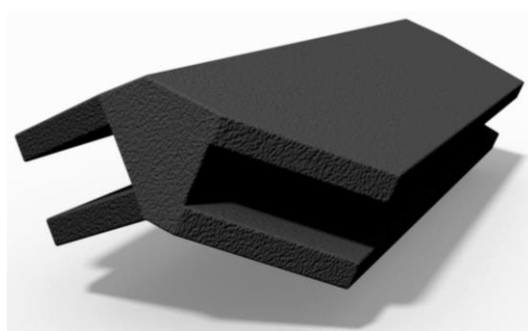


Figur 13- Moduldelarnas grundform

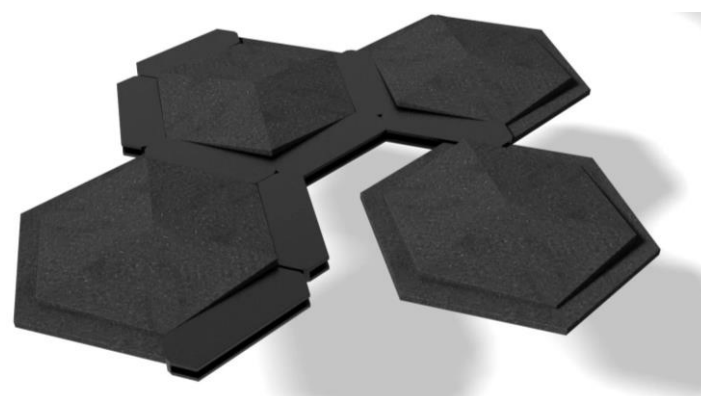
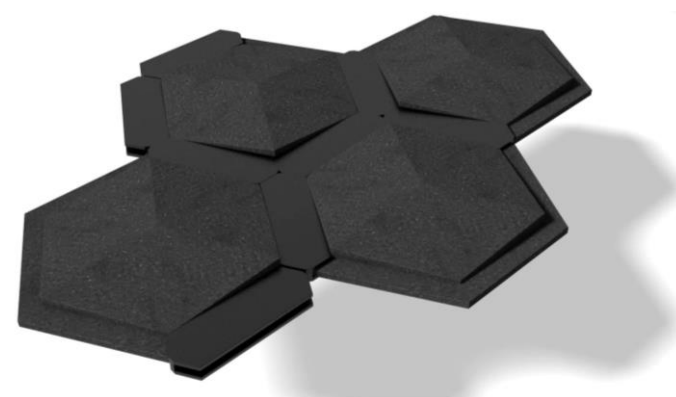


Figur 14- Måttsättning av moduldel

Moduldelarna sätts samman med hjälp av spår, se figur 15. Spåren är, till skillnad från moduldelarna, gjorda i jungfruligt polyuretanskum för att dess materialstruktur ska vara så jämn som möjligt och ge bästa stadga. Materialet på spåren valdes att ha densiteten 170kg/m³. Pyramidens kanter börjar fem centimeter in från hexagonplattans kant för att ge plats åt spåret att ligga an där. På så vis träas spåren enklare på moduldelarna, då de är flexibla än spåren. För illustration av hopsättningen se figur 16.

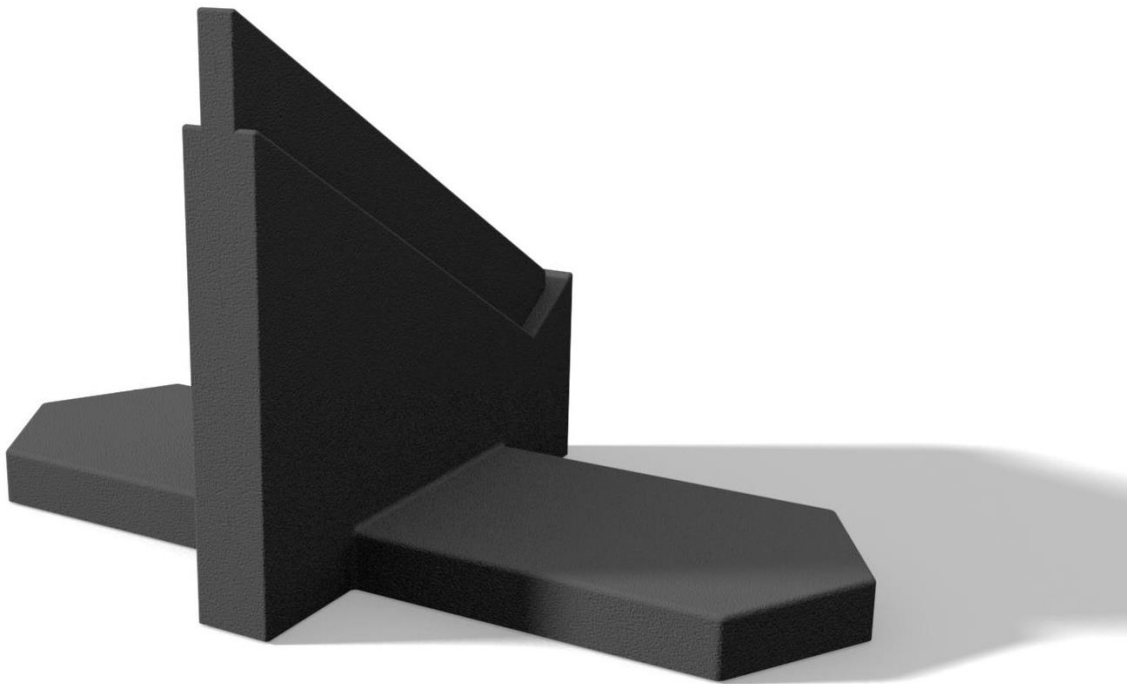


Figur 15- Två olika spår, en rak t.v och en vinklad t.h



Figur 16- Hopsättning av moduldelar

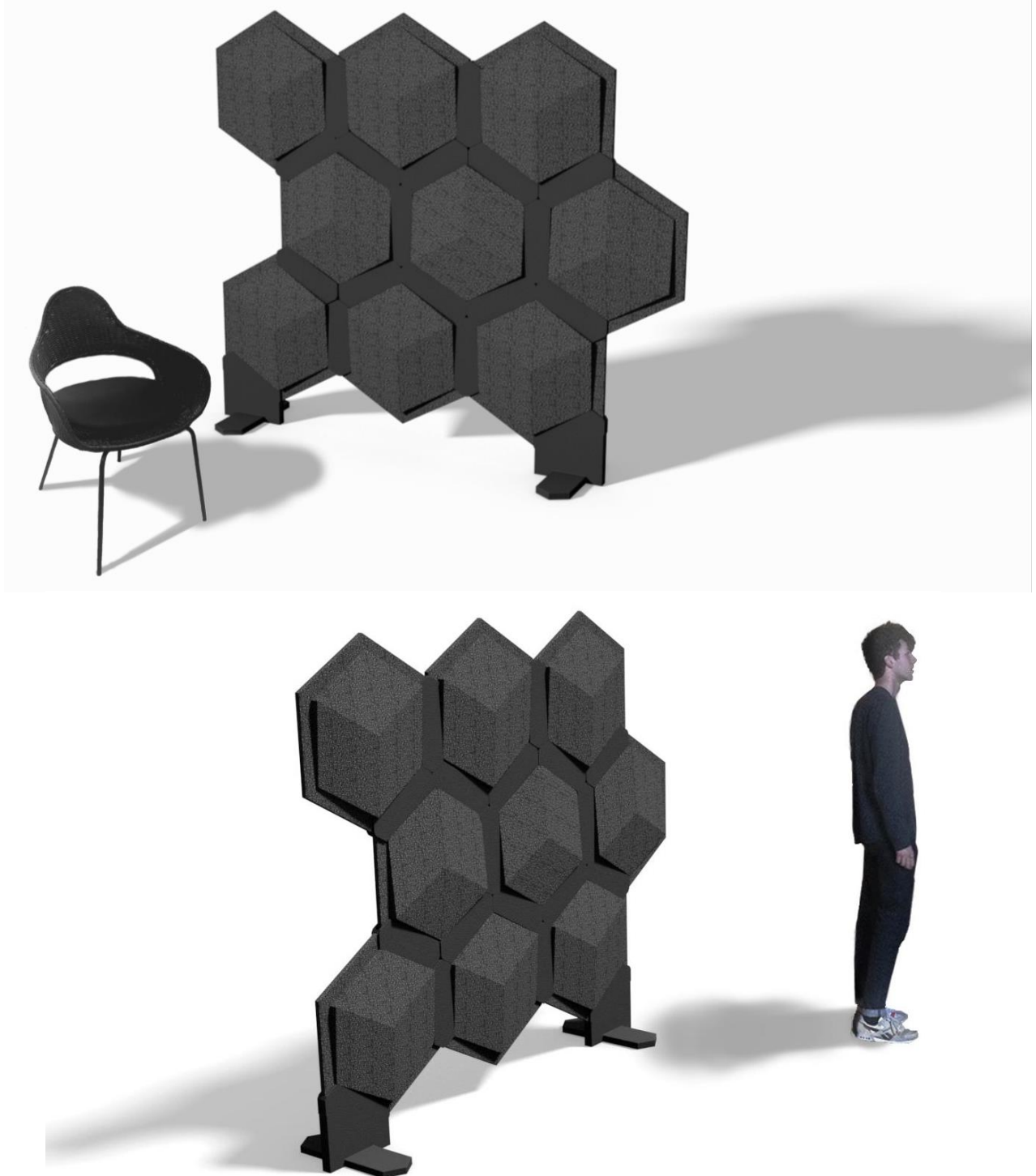
Hopsättningen av moduldelarna stöttas upp med hjälp av fotstöd, se figur 17, vilka sätts samman i spåren. Fotstöden är tillverkade av samma material och med samma densitet som spåren. För att se noggrannare måttsättning på tillbehören, se bilaga 6.



Figur 17- Fotstöd

PRODUKTFÖRSLAG 1

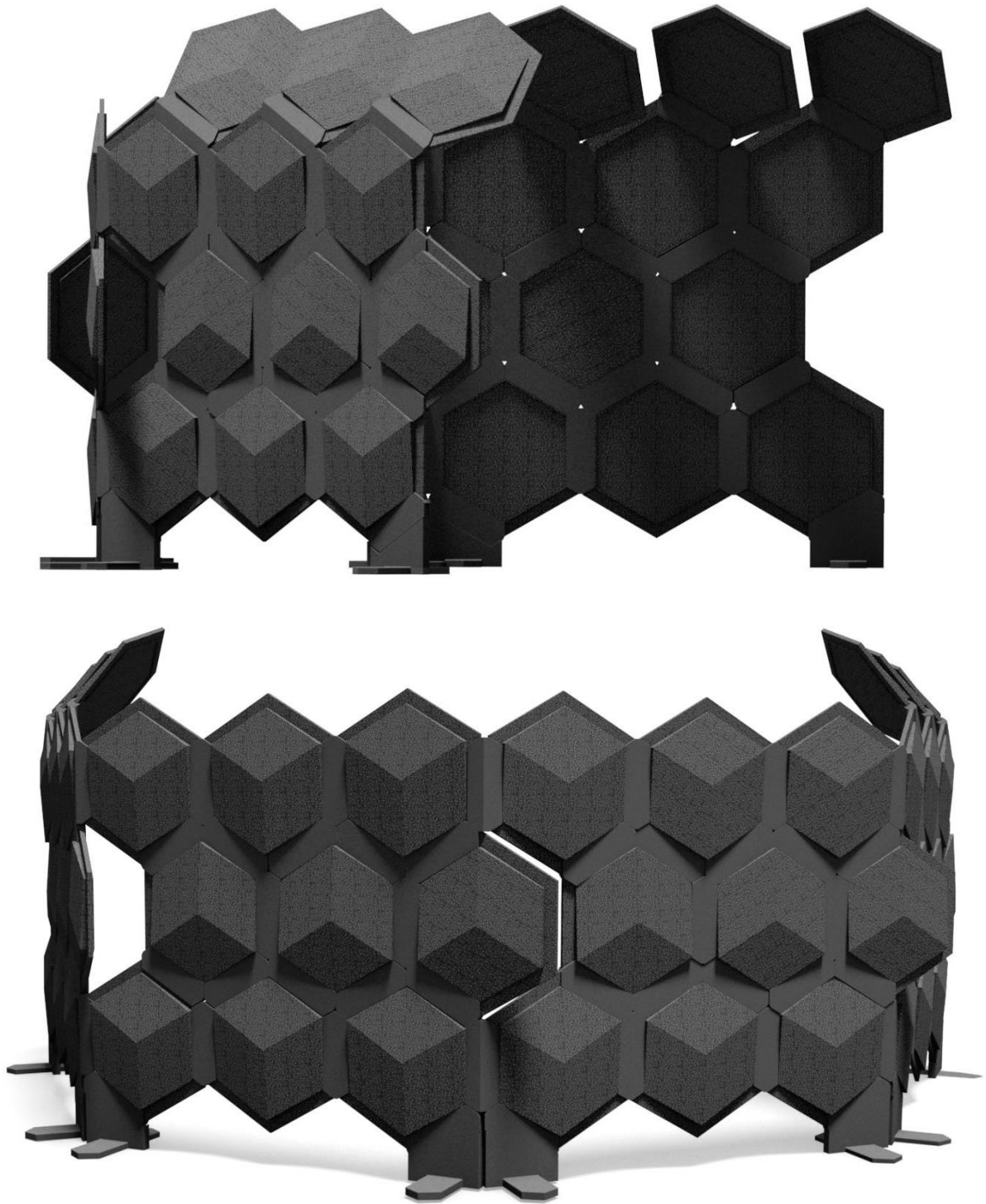
En simpel hopsättning av moduldelarna visas i figur 18. Här är delarna hopsatta till en rumsavdelare vilka stöttas upp av fotstöd. Höjden hos modulväggen är ungefär 190cm.



Figur 18- Produktförslag 1

PRODUKTFÖRSLAG 2

Ett annat förslag på hopsättning av moduldelarna visas i figur 19a-c. Förslaget framställs som ett omfamnande rum och kan användas när man har ett behov av ett extra rum.



Figur 19a- Produktförslag 2 snett framifrån resp. bakifrån



Figur 19b- Produktförslag 2 sett i perspektiv och närbild



Figur 19c- Produktförslag 2 i toppvy och med möblemang

6.1 AFFÄRSMODELL

En affärsmodell togs fram som förslag till slutkonceptet att på ett optimalt sätt nå ut till kund. Modellen bygger på ett leasingsystem där kunderna först har ett behov de önskar få uppfyllt, till exempel ett konferensrum för ett par personer, se figur 22. Systemet tas om hand av ett företag, vilket både tillverkar och leasar modulväggen av återbundet PUR-skum. Företaget ansvarar för hopsättningen av modulbitarna och kör antingen ut modulväggen eller bygger upp den på plats hos kunden. Företaget står för att möta kundens önskemål på design och funktion hos modulväggen, med avseende på de delar som ska sättas ihop och vilken känsla man vill förmedla.

Att modulväggen kan formas om för att uppfylla kundens behov av en viss funktion är väsentligt då möbelen ska kunna fungera i så många miljöer som möjligt.

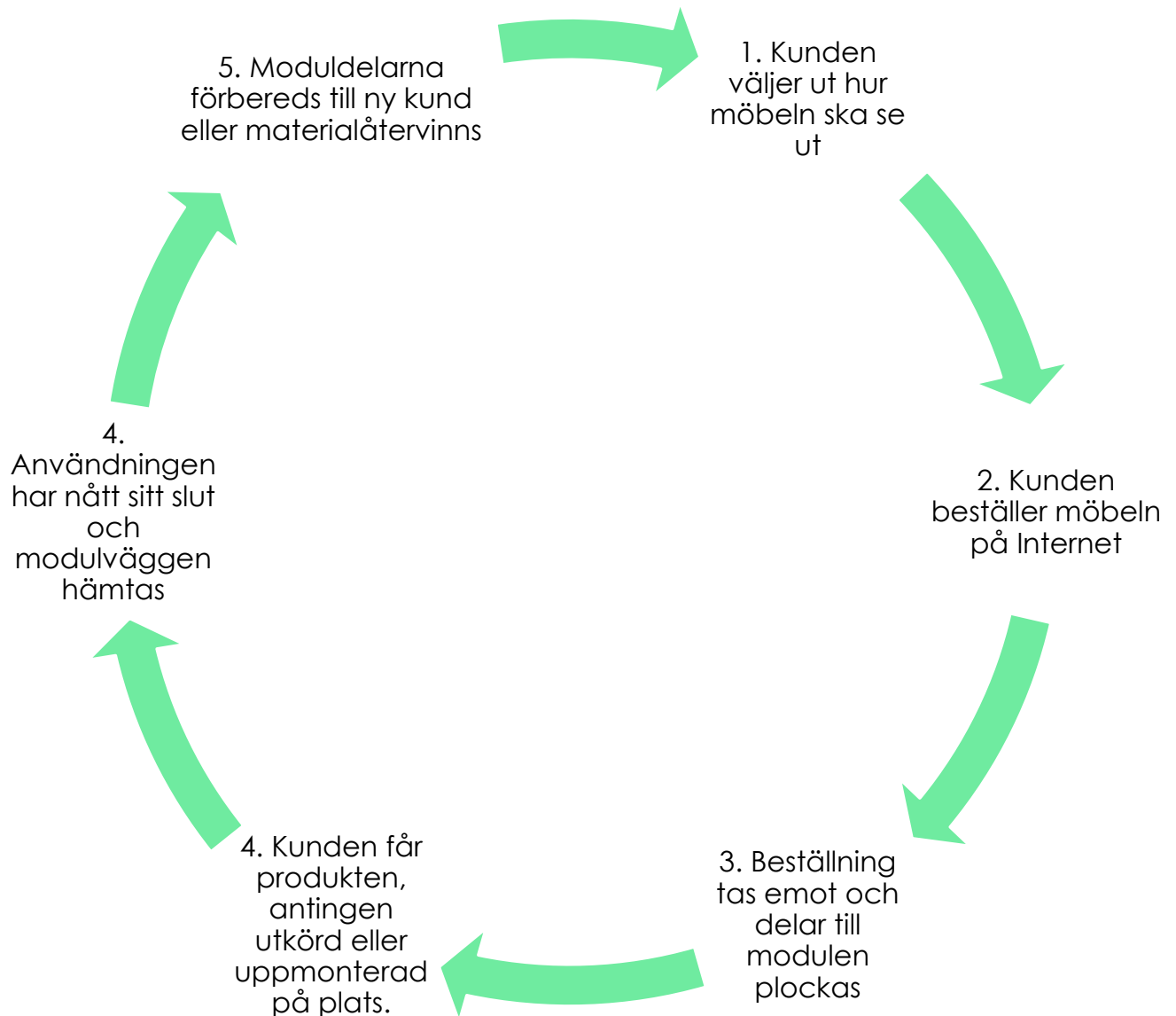
Genom att kunden har ett visst behov denne önskar få uppfyllt lägger han/hon en beställning via leasingföretagets hemsida. Beställningen tas emot av företaget som då sätter ihop de delar som väggen ska innehålla. När modulväggens innehållande delar är plockade alternativt sammansatta, levererar företaget ut delarna eller det byggda konceptet till kunden. Då kunderna har tröttnat på väggen, inte längre har ett behov av den och/eller leasingkontraktet upphör får de höra av sig till företaget så de kan komma ut och hämta den eller bygga om den. Kunderna betalar företaget för den tid de har fått hyra modulväggen och har väggen hyrts ut en längre period där den utsatts för mycket slitage får kunderna

betala litet mer. Denna extra kostnad kunden får betala ska täcka den kostnad företaget får betala för att tvätta rent modulbitarna eller kostnaden för att materialåtervinna skummet, om väggen utsatts för extremt slitage. Anledningen till att modulväggen i återbundet polyuretanskum väljs att användas i denna affärsmodell är fördelarna det ger. Fördelarna är att modulväggen kan ges en anpassad livslängd, användas flera gånger och i fler än en cykel, samt att möbelen kan användas av många människor och därmed ge en hög användning per produkt. Dessutom att företaget självt står ansvarig för uppbyggnation och leverans av modulumöbelen gör att man gärna bygger upp en nära kundrelation mellan kund och företag. En nära kundrelation är fördelaktigt då företaget enkelt kan få feedback från sina kunder, ständigt utvecklas och förbättra sin konceptdesign och konstruktion och hålla långlivade relationer med kunden. Därigenom får företaget kontroll på sina produkter vad gäller underhåll och skötsel, hantering av dem under användning och deras sluthantering. För att återkoppla till begreppen cirkulär ekonomi och Cradle 2 Cradle, vilka beskrevs i avsnitt 2.2, stöds affärsmodellen av dessa. Bland annat kring ett cirkulärt tänkande där materialet lever genom flera livscyklar och på så vis sluter loopen för materialet, samt en strävan efter att nå en Cradle 2 Cradle-certifiering.

Affärsmodellen är som sagt ett förslag på hur modulväggen på ett hållbarhetsutvecklande sätt kan nå ut till många människor, men viktigt att påpeka

är även att företaget kan sälja modulväggen. För att värna om sitt cirkulära tänk och ge sina produkter en anpassad livslängd kan företaget upplysa

kunderna om att lämna tillbaka produkten efter avslutad livscykel, istället för att slänga den.



Figur 21-Affärsmodell för modulväggen byggd på ett leasingsystem

6.2 UTVÄRDERING AV SLCA
En SLCA-analys gjordes på slutkonceptet där hela dess livscykel analyserades och bedömdes till hur väl dess råmaterial, med

utgångspunkt återbundet polyuretanskum, produktion och framställning, paketering, distribution och detaljhandel, användning och sluthantering upprätthåller de fyra

hållbarhetsprinciperna. Slutsatsen som dras av denna analys, se bilaga 6, är att slutkonceptet uppfyller de fyra hållbarhetsprinciperna mycket bra vad gäller dess användningsfas och sluthantering, men lite sämre vad beträffar användandet av råmaterial, produktion och framställning och paketering, distribution och detaljhandel. Detta för att det vid tillverkning av återbundet polyuretanskum kräver endera jungfruligt skum eller en tillsats av bindemedel. Det jungfruliga polyuretanskummet och bindemedlet, som oftast är någon typ av elastomer, är framställt från råolja vilket sänker bedömningen för hållbarhetsprinciperna 1 och 2 särskilt. Dessutom är det svårt att hålla koll på arbetsförhållanden och livskvalitet hos de människor som arbetar med att producera återbundet polyuretanskum. För paketering, distribution och detaljhandel bedöms hållbarhetsprinciperna alltifrån dåligt till bra då polyuretanskummet som tas ur olika bilsäten måste fraktas till

fabriken där återbindningen sker och materialets låga vikt i förhållande till volym gör att det blir mycket spillutrymme i transporterna. För att se färdigställd matris, se bilaga 7.

6.3 UTVÄRDERING AV KOSTNADSKALKYL

Eklunds Bildelslager har två faktorer att ta hänsyn till för att finna anledning till att plocka ur PUR-skummet ur sätena- dels timpenningen per anställd samt viktpriset de får för att skrota fordonen. Då kostnaden för dessa två faktorer är de som avgör lönsamheten har detta värde agerat som gräns för vad slutkonceptets minsta värde och pris bör ha. Resultatet av kostnadskalkylen gav att Produktförslag 1 bör ha ett värde om minst 191kr och för Produktförslag 2 ett värde om minst 881kr, för att det ska vara lönsamt för Eklunds Bildelslager att ta ur skummet ur fordonen. Se bilaga 8 för kostnadsberäkningar.

7. DISKUSSION

Slutkonceptet som tagits fram är en modulvägg av återbundet polyuretanskum, taget ur bilsäten. Då den vanligaste utgången skummet har idag är energiförbränning och/eller deponi, är det synd att materialets livscykel tar slut där när det istället kan leva vidare i en ny cykel. Skummets goda elastiska och isolerande egenskaper gör det fördelaktigt att använda för absorption av ljud, likaväl som det för modulväggen går att dra nytta av skummets låga vikt och lätthet att forma. Materialet har en god förmåga att ge komfort då man ofta finner polyuretanskum som stoppning i möbler och säten, vad som däremot gäller för skummet efter en tids användning till möbler och säten är att det utsätts för stor belastning och slitage, där dess komfortabla förmåga minskar. Det kändes därför av väsentlighet att hitta ett nytt användningsområde för skummet ur bilsäten där kraven på komfort inte var lika höga. En modulvägg är oberoende av komfort och med ett återbundet PUR-skum är dess materialuppbyggnad inte fullt så ordnad och jämn som hos ett jungfruligt.

Slutkonceptet har getts förmågan att både kunna absorbera ljud, skapa avskildhet och flexibilitet. Varför slutkonceptet valdes till just en modulvägg var framförallt för att materialegenskaperna bäst ansågs tillvarata men även för att den ansågs ha störst marknadspotential. Det som urskiljer denna modulvägg från övriga liknande inventarier på marknaden såsom skärmväggar och ljudabsorbenter, är främst att den är tillverkad av återvunnet polyuretanskum men även för att den kan erbjuda fler samtida funktioner än de liknande inventarierna. En vägghängd ljudabsorbent må vara bäst på att absorbera ljud och en golvstående, hel skärmvägg bäst på att skapa avskildhet, men det modulväggen är bäst på är att erbjuda båda dessa funktioner samt förmågan att vara flexibel. Där de flesta skärmväggar och ljudabsorbenter på marknaden idag är tillverkade av flera olika material- textilier, metaller, lim och färg, har detta slutkoncept utformats med en strävan att minimera användande av andra material än polyuretanskum. Genom att endast tillämpa ett och samma material krävs inga, alternativt få, nya material för framställning av modulväggen. Modulväggens design och konstruktion har eftersträfvats till att hållas så enkel och koncis som möjligt där spåren som håller samman modulbitarna också är gjorda i PUR-skum, fast styvare sådant. Detta för att underlätta ihop- och isärtagning av produkten, inte minst efter användning där det ska underlätta återvinning och främja en god miljö. Förhoppningen är att modulväggen i slutändan ska få en Cradle to Cradle-certifiering och en certifiering från Möbelfakta då det ger en konkurrenskraftig produkt eftersom den tillverkats utifrån miljömässiga, tekniska och produktionsetiska krav.

Slutkonceptet består av sammansatta moduler av återbundet polyuretanskum, i form av hexagoner. Materialet på moduldelarna valdes att ha densiteten 110kg/m^3 , då den andel återbundet skum som återfanns i sätet hos Eklunds Bildelslager hade densiteten 120kg/m^3 och det eftersträvades en lägre total vikt per moduldel utan att för den sakens skull gå under gränsen 100kg/m^3 för bästa ljudabsorption. Hexagonernas form skapades utifrån en hopsättning av enkla grundformer och för att få så god ljudabsorberande förmåga som

möjligt, där pyramidal form, vilken kan ses i genomskärning, sägs absorbera ljud bäst. Vardera sida på hexagonen är 35cm lång och hexagonens längd uppmäts till 60cm. Dess tjocklek som varierar från 30-70mm valdes för att det ansågs vara en rimlig storlek att hantera för en människa där 50mm är den genomsnittliga tjockleken över hexagonen. Generellt gäller att måttet 40 mm är minsta mått en ljudabsorbent bör ha för att suga upp ljud effektivt och därför var det viktigt att hålla moduldelarnas tjocklek till det måttet. Hexagonens alla dimensioner önskades att hålla så små som möjligt då en hopsättning av dem ger en stabilare konstruktion och stadga i modulväggen eftersom de då stärks av varandra. Dessutom ger små dimensioner en så låg vikt per moduldel som möjligt. Å andra sidan, önskades hexagonens dimensioner vara så stora som möjligt då flera små moduldelar riskerar att skapa en alltför komplex hopsättning till modulväggen. Vid hopsättning av moduldelarna bildas på flera ställen små håligheter emellan dem. Dessa håligheter bildas vid skarvar och hörn hos modulväggen och torde uppfattas positiva av både de människor som sitter innanför modulväggarna men även de utanför. Håligheterna minskar modulväggens förmåga något att absorbera ljud och ge total avskärmning, men de anses viktiga för hur man känner sig i interaktionen med modulväggen då de lämnar litet utrymme för kommunikation mellan det avskärmade och omvärlden. Risken med en helt tillstängd modulvägg är att man kan känna sig utesluten från omvärlden och instängd. Anledningen till att den kilformade sidan sitter ut mot omgivningen är för att ta upp inkommande ljud, då detta ljud antas vara högre än det innanför. Att hålla moduldelens insida slät, var för att en kilformad insida hade ökat vikten hos delen och sågs inte fördelaktigt. Ur ett estetiskt perspektiv ville insidan hållas slät för att inte skapa för mycket dramatik innanför modulväggen.

Modulväggens färg i grå skala valdes för att det är en färg lätt att matcha tillsammans med andra färger samt att infärgningen i återbundna skummet önskas skapa en så jämn färg som möjligt. En lättmatchad färg är väsentligt för att modulväggen ska kunna tillämpas i så många miljöer som möjligt där den med omgivningen kan tillåtas ge den personliga touch kunden själv önskar. Vad beträffar en jämn infärgning går skummet ur fordonen i gula toner och därför blir infärgningen sannolikt mest jämn med en färg i mörkare toner. Vad som kan vara kritiskt med denna gråa ton hos moduldelarna är att det kan bli mörkt innanför modulväggarna. Då modulväggen saknar ett genomgående tak ges ljuset ändå en chans att leta sig in innanför väggarna samt att håligheterna i väggen kan släppa in ljuset. Skulle kunden trots detta tycka att det blir för mörkt innanför modulväggarna finns ändå utrymme för belysning, golv- eller takbelysning, att användas. Vid vidareutveckling av slutkonceptet hade en tanke varit att erbjuda fler färgförslag på moduldelarna, vilket det inte fanns utrymme för under projektet.

Med slutkonceptet modulvägg ansågs affärsmodellen, vilken beskrevs i avsnitt 6.1, vara ett lämpligt alternativ för att få produkten att nå ut till så många människor som möjligt. Då arbetsplatser, skolor, bibliotek och utrustning till mässor har ett ständigt flöde av människor krävs inredning som framförallt uppfyller ett behov men som också ser ut att ligga i tiden. Att enkelt kunna variera sig och bygga om modulväggen när dess form inte längre uppfyller ett tidigare behov eller om man tröttnat på den efter ett par år och vill bli av med den, ska det

enkelt kunna göras genom att skicka tillbaka den till företaget. Företaget kan då välja att bygga upp en ny modulvägg av de gamla delarna eller att materialåtervinna PUR-skummet på nytt. På så vis erbjuder denna affärsmodell att materialloopen kan slutas på ett ordnat och kontrollerat sätt.

Tack vare att modulväggens konstruktion med spåren hålls så enkel ska hopsättningen av modulbitarna underlättas där det ska vara lätt att bygga en stor och relativt komplex modulvägg. Ju komplexare modulvägg med ett stort antal modulbitar desto högre värde får den. Förhoppningsvis ett nog så högt värde att det täcker Eklunds Bildelslager två prisaspekter. Ur kostnadsanalysen räknades det totala värdet fram för produktförslag 1 och 2 till 191 SEK respektive 881 SEK. Dessa kostnader blev den minsta summa som produktförslagen kan komma att kosta, annars blir det ekonomiskt ohållbart för Eklunds Bildelslager att plocka ur skummet ur fordonen. På grund av bristande information kring tillverkningskostnaderna av jungfruligt PUR-skum, gjordes en uppskattning att denna kostnad var samma som för det återbundna skummets tillverkningskostnad, vilket i praktiken ligger något högre.

För vidare analys är det väsentligt att veta vad skummet har för värde om det istället skickas till förbränning. Om skummets värde till förbränning är högre än det för slutkonceptet är det förstås mer ekonomiskt lönsamt att skicka iväg skummet till förbränning och i slutändan är det allt som oftast pengar som styr. Fast för att nå hållbar utveckling, där ekonomiska, ekologiska och sociala faktorer spelar in, är det inte försvarbart att tänka att förbränning skulle vara hållbart i längden.

Då det i avgränsningar endast valdes att titta på tillverkningskostnaden har därför inte transport-, marknadsförings- och administrationskostnader etc. räknats med. Dessa kostnader är en väsentlig aspekt då de spelar roll för slutkonceptets pris och hade varit de första kostnaderna att ta i beaktning vid en vidareutveckling.

8. SLUTSATS

Då polyuretanskummets främsta egenskaper var erbjudande av komfort och flexibilitet, vätskeabsorption, temperaturisolering, ljudisolering och vibrations- och stötdämpning önskades dessa tillvaratas till ett användningsområde där skummet dras nytta av till fullo. Det vill säga, där dessa egenskaper gör sig önskvärda vilket är i torra miljöer inomhus.

Genom att hålla slutkonceptet enhetligt med endast polyuretanskum, en enkel demonterbarhet samt slutkonceptets affärsmodell skapar det möjlighet för skummet att enklare återföras i en ny materialloop.

Tack vare de tre huvudfunktionerna hos slutkonceptet kan en konkurrenskraftig produkt skapas där den stärker argumenten för att understödja och effektivisera dess användning. I och med detta ska människor främjas, både omedvetet och medvetet, att skapa ett hållbart beteende där en omedveten brukare främst lockas av produktens funktionalitet och en medveten brukare har gjort ett val ur ett hållbarhetsperspektiv. Med det sagt kan Re-xagon skapa sunda vanor för en strävan efter ett grönare klot.

9. KÄLLOR

Alva Mårdsjö Design & Produktutveckling (2014) *KJ Analys*
<http://mardsjo.se/kj-analys/> (2014-03-19).

American Chemistry (2014) *Polyurethane recycling*
<http://polyurethane.americanchemistry.com/Sustainability/Recycling> (2014-03-25).

Avfall Sverige (2013) *Förebyggande av avfall*
<http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/foerebyggande-av-avfall/> (2014-05-13).

Cradle Net (2014)
<http://www.cradlenet.se/wp-content/uploads/2014/01/circular-economy-cirkul%C3%A4r-ekonomi.jpg> (2014-03-24).

C2C certified (2011) *Remaking the way we make things*
<http://www.c2ccertified.org/> (2014-05-16).

Fairtrade (2014) *Stark tillväxt för fairtrade i Sverige*
<http://fairtrade.se/nyheter/pressmeddelande-stark-tillvaxt-for-fairtrade-sverige-i-varldstoppen/> (2014-03-02).

Gapminder (2014) *Sources for data shown in DON'T PANIC*
<http://www.gapminder.org/news/sources-for-data-shown-in-dont-panic/> (2014-02-27).

Grundberg Wolodarski, K. (2013) Swedbanks trendiga kontor kan skapa rotlöshet. *Dagens Industri*, 7 mars.
<http://www.di.se/artiklar/2013/3/6/swedbanks-trendiga-kontor-kan-skapa-rotloshet/> (2014-05-05).

ISOPA (2001) *Fact sheet – Recycling and recovering polyurethanes, Rebonded flexible foam*
<http://www.polyurethanes.org/uploads/documents/rebonded.pdf> (2014-04-05).

ISOPOL (2014) *Polyuretan- ett fantastiskt material*
<http://www.isopol.se/polyuretan-ett-fantastiskt-material/> (2014-03-27).

Jahncke, H. (2014) *Cognitive performance and restoration in open-plan office noise*
http://pure.ltu.se/portal/files/40220521/Helena_Jahncke.Komplett.pdf (2014-04-14).

Janssen, C. (2014) Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application (CATIA). *Techopedia*. <http://www.techopedia.com/definition/6347/computer-aided-three-dimensional-interactive-application-catia> (2014-04-15).

Johannesson, H., Persson, J-G. och Pettersson, D. (2004) *Produktutveckling- effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber AB.

Konkurrentanalys (2012) *PEST, PESTLE-analys av omvärlden*
<http://www.konkurrentanalys.eu/2010/08/pest-pestle-analys-av-omvarlden.html> (2013-09-23).

Larsson, P (2013) Svensk konsumtion ger ökade utsläpp. *KTH*, 6 februari.
<http://www.kth.se/aktuellt/nyheter/svensk-konsumtion-ger-okande-utslapp-1.367701> (2014-03-02)

Mind Tools (2014) *Six Thinking Hats*
http://www.mindtools.com/pages/article/newTED_07.htm (2014-02-26).

Mistra Closing the loop (2014) *Mer om programmet*
<http://closingtheloop.se/sv/about/Sidor/default.aspx> (2014-03-10).

Fröling, M. (1998) *Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör*
http://www.svenskfjarrvarme.se/Global/Rapporter%20och%20dokument%20INTE%20Fj%C3%A4rrsyn/FOU-rapporter%20INTE%20Fj%C3%A4rrsyn/Hetvattenprogrammet,%20rapporter/1998/Miljoanpassning_ateranvandning_av_polyuretanisolerade_fjarrvarmeror_FOU_1998-32.pdf (2014-03-25).

Möbelfakta (2010) *Om möbelfakta*
http://www.mobelfakta.se/om_mobelfakta (2014-05-14).

Nationalencyklopedin (2014) <http://www.ne.se/h%C3%A4rdplast>
<http://www.ne.se/termoplast> (2014-03-27).

PFA Polyurethane Foam Association (1997) Information on flexible polyurethane foam. *In Touch*, vol. 6, nr 1, Januari
http://pfa.org/intouch/new_pdf/lr_IntouchV.6.1.pdf (2014-03-27).

PFA Polyurethane Foam Association (1994) Information on flexible polyurethane foam. *In Touch*, vol. 4, nr 1, February
http://www.pfa.org/intouch/new_pdf/lr_IntouchV4.1.pdf (2014-05-02).

Plast- & Kemiföretagen (2012) Materialinformationsblad: Polyuretaner, Polyuretanelastomerer. *Plast- & Kemiföretagen*
http://carpenter.se/files/pur_materialinfoblad_sv.pdf (2012-05-20).

Polyurethanes (2014) *Tillämpningar och användningsområden för polyuretaner*
<http://www.polyurethanes.org/index.php?page=var-finns-de> (2014-03-27).

Polyurethanes (1997) *Driving with polyurethanes*
http://www.polyurethanes.org/uploads/documents/driving_with_pu.pdf (2014-03-27).

Realize (2014) *Om Realize*
<http://www.chalmers.se/hosted/realize-sv/om-projektet> (2014-03-08).

Ronneby (2013) Cradle to Cradle®
<http://www.ronneby.se/sv/sidowebplatser/cefur/c2c/> (2014-05-16).

Rosengren, L. (2012) *Kontorslandskap, mobilt kontor eller mitt i mellan?*
<http://cio.idg.se/2.1782/1.446954/kontorslandskap-mobilt-kontor-eller-mitt-i-mellan> (2014-04-14).

Sopor (2014) *Avfallstrappan*
<http://sopor.nu/Rena-fakta/Miljoemaal/Avfallstrappan> (2014-02-26).

Soundab (2014) *Ställ rätt krav på din skärmlösning*
<http://www.soundab.se/konkreta-rad/valj-ratt-skarmvagg-till-kontoret> (2014-05-14).

SVT Nyheter (2014) *Sämre arbetsmiljö i öppna kontorslandskap*
<http://www.svt.se/nyheter/vetenskap/samre-arbetsmiljo-i-oppna-kontorslandskap> (2014-04-14).

The Natural Step (2006) *Sustainability Life Cycle Assessment (SLCA)*
<http://www.thenaturalstep.org/sv/sweden/hallbarhetsprinciperna> (2014-05-16).
<http://www.naturalstep.org/en/sustainability-life-cycle-assessment-slca> (2014-03-24).

Vagga till vagga (2014) *Cradle 2 Cradle- Framtidens designstrategi*
<http://www.vaggatillvagga.se/cradle-to-cradle> (2014-05-16).

ZilenZio (2013) *Om ljudabsorption*
http://www.zilenzio.se/?page_id=6021# (2014-05-14).

Bilder från marknadsstudie

<http://karmatrendz.wordpress.com/2008/12/26/paesaggi-italiani-contemporary-room-divider-systems/>

<http://assets4.selector.com/assets/images/b9/46133/thumbnails/586x381.jpg>

<http://cdn.freshome.com/wp-content/uploads/2012/09/recycled-office-4.jpg>

<http://cdn.freshome.com/wp-content/uploads/2014/02/Lovely-wall-design.jpg>

<http://www.glimakra.com/img/Produkter/LIMBUS-Fam/Limbus-Sit-2-2.png>

http://www.inredningsnyheter.se/sites/default/files/imagecache/news_big/story/2014/feb/84609_synapse6.jpg

http://www.inredningsnyheter.se/sites/default/files/imagecache/news_list_full/story/2010/aug/38387_venuehighbackcircularboothdfd.jpg

<http://www.morgana.se/DesktopModules/LiveGallery/GetImage.ashx?mid=663&iid=1&PortalId=0>

http://akustikbloggen.se/wp-content/gallery/konstfack_tordby/ljudabsorbenter_konstfack01.jpg

<http://www.homedesignfind.com/wp-content/uploads/2009/03/karim-rashid-sound-absorption-panel-2.jpg>

https://www.offix.se/static/webimages/ox_laas_orangesv_2.jpg

http://www.scandistrip.se/bilder/produkter/InbyggnadPlast/inbygg_plast_liten.jpg

Inspirationsbilder

Inspirationsform 1

<http://www.wangluopr.com/wp-content/uploads/2013/11/unique-triangle-shaped-Stealth-pendant-light.jpg>

<http://file.trendhunter.com/thumbs/bloomberg-pavilion.jpeg>

https://77df97cd2e6695453bcf-bfadc85fbf3af0f8d3f147055f0615ca.ssl.cf2.rackcdn.com/111760_45aa34b870468214efbca4c00667d153113bc117_original_x_600_1394553317.jpg

Inspirationsform 2

<http://stockholmfurnitureandlightfair.files.wordpress.com/2014/02/best-stand-21.jpg>

http://www.socialdesignmagazine.com/site/cache/multithumb_thumbs/b_720_0_0_0__images_stories_users_Jessy_Cubico_design_e_dinamismo_per_gli_ambienti_esterni_Cubico-D%C3%A8co_3.jpg

<http://www.wasnk.com/images/2014/04/Minimalist-Fine-White-Shakin-Stevens-Box-Styled-House-Design-with-640x959.jpg>

Inspirationsform 3

<http://ad009cdnb.archdaily.net/wp-content/uploads/2009/08/1251161088-zha-burnham-pavilion-4400-381x450.jpg>

<http://bigbackground.com/wp-content/uploads/2013/06/ocean-wave-desktop-backgrounds.jpg>

http://www.fantom-xp.com/wallpapers/42/Falls_Grand_Canyon.jpg

Inspirationsform 4

<http://www.gerardcaris.com/sculpcaris.jpg>

http://static.dezeen.com/uploads/2014/03/Lima-Housing-Tower-by-Tammo-Prinz_dezeen_5.jpg

<http://www.viewalongtheway.com/wp-content/uploads/2013/01/LRL5212BLK.jpg>

10. BILAGOR

BILAGA 1- PUGH-MATRIS

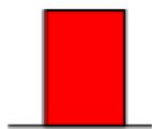
		Insp.1	Insp.2	Insp.3	Insp.4	
Kunna	Vandra genom ett antal livscyklar					
Vara	Estetiskt tilltalande					
Vara	Lättåtervunnen					
Vara	Lättdemonterbar					
Vara	Lättillgänglig					
Besitta	Modularitet					
Nå	Målgrupp					
Följa	Lagkrav					
Uttrycka	Säkerhet					
Uttrycka	Enkelhet					
Uttrycka	Renlighet					
Vara	Hållbar					
Förenkla	Rengöring					
Upplevas	Lättanvändbar					
Inspirera	Miljömedvetenhet					Pga. Organiska former och uttryck
Vara	Multifunktionell					
Erbjuda	Förvaring					
Bidra	Lönsamhet					
Minimera	Nya råvaror					
Förenkla	Sysslor					
Maximera	PUR-användandet					
Attrahera	Nya marknader					
Uttrycka	Harmoni					Utifrån enkätundersökningen
Medge	Kreativitet					Pga. Nya/gamla former
Uttrycka	Innovation					
Uttrycka	Modernitet					Utifrån trendanalys/enkätundersökning
Dämpa	Ljud					
Tåla	Stötar					
Vara	Flexibel					
Erbjuda	Stimulans					
Isolera	Temperatur					
Absorbera	Vätska					
Erbjuda	Mjukhet					
Minimera	Materialkostnad					
Skapa	Efterfrågan					
Tåla	Slitage					
Skapa	Glädje					
Minimera	Materialblandningar					
Minimera	tillverkningskostnader					
Naturliga stegets fyra systemvillkor för hållbarhet:						
Minimera	Urtagning från berggrund					
Minimera	Andel syntetiska kemikalier					
Minimera	Fysisk undanträngning					
Minimera	Risken att frånta framtida generationers behov					
SUMMA		146	153	159	158	

4	Väldigt bra
3	Bra
2	Dålig
1	Väldigt dålig

BILAGA 2- INTERVJU MED RORY MCCOO PÅ EKLUNDS BILDELSLAGER

Sammanställning av fältstudie Eklunds Bildelslager i Skövde 27/3-14

- **Hur många bilar skrotar ni per vecka?**
- 75-80 stycken/vecka
- **Hur mycket får ni i kilopris för en skrotad bil?**
- 800 kr/ton, där en ny bils vikt ligger på mellan 1-1.5 ton. Vikten på en helt urplockad bil varierar men generellt väger en helt urplockad bil 1 ton.
- **Hur fort sker en bilskrotning per bil?**
- I snitt 3 timmar/bil.
- **Hur går en bilskrotning till? Tillvägagångssätt?**
- Det är mestadels krockade bilar som kommer in och inte "för gamla" bilar som man lätt kan tro. De krockade bilarna är så kvaddade att det inte är lönsamt att fixa till dem utan skicka de till skroten istället. Eklunds får in ungefär 16 bilar/dag. Först hamnar dessa på ett förstaställe där man provkör bilarna. Man plockar ur vätskor och gummi. Därefter hamnar bilarna på ett andra ställe där fler delar plockas ut, bl.a. metaller såsom stål, aluminium, koppar. Dessa är värdefulla material. Även delar i bilen som kan återanvändas och säljas vidare på begagnadmarknaden tas ut och hamnar i deras reservdelslager, där det idag finns 110 000 stycken bildelar. Man detonerar ur all pyroteknik innan man skickar iväg bilen och när man väl slagit ur strömmen ur bilen får man vänta ca 5-20 min innan styrenheten blivit garanterat strömfri. Airbagen ska således inte vara någon fara att arbeta med så snart som strömmen kopplats ur. Plast kan bli lönsamt att plocka ur, det beror på till vad. Idag ses ett potentiellt värde i bränsletanken på bilarna som är i PP (polypropen) och den är tjock med stor materialmängd. Problemet är bara att den inte kan komprimeras, detta för att hållas hård vid en krock. Skulle man samla på bränsletankar skulle en stor volym behövas och väldigt mycket lageryta för "tomrum" vilket också är en kostnadsfråga. Därefter plockas motorn ur bilen och separeras från övriga karossen. Fraktskrot kommer 2-3 ggr/vecka och hämtar upp karosser.
- **Hur lång tid tar det att plocka ur ett säte?**
- De bara rycks ur och för alla säten tar det cirka 5 min allt som allt att plocka ur dem.
- **Vad finns i sätena?**
- Förutom PUR-skummet så sitter metallramen ingjuten i skummet. Denna är gjord av stål. Är relativt lätt att plocka bort. Även återbundet skum finns i mindre mängd instoppat i det "nya" PUR-skummet.
- **Har PUR-skummet ur bilarna något potentiellt värde i sig tror ni?**
- Ja, det beror som sagt på vad det ska användas till och om det lönar sig att plocka ur det då vi ändå får betalt per ton per skrotad bil. Tidigare användes skummet till skyddsmaterial för emballage och lagerhållning men med MärkesDemontering i Sverige beslöts det att en standard skulle hållas på skyddsmaterial för lagerhållning såsom bubbelplast osv.
- **Vad kostar det för Eklunds att ha en anställd per timme?**
- I snitt 500-600 kr/timme per anställd.

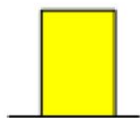


KÄNSLOR

FÄRGKODER:

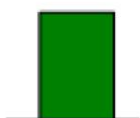
Röd - "Mjuk" sittmöbel
Grön - Rumsavdelare
Svart - Växthus
Blå - Arenor
Lila - Modulmöbler/skum
Orange - Inomhuslekplats
Ljus grön - Djurtransport

- Rolig, möjligheter, alla kan relatera till det, många kan använda den. Alla har en koppling till den.
- Trevligt, tar mycket plats, svår att förvara, potential till cool design, tråkig, begränsad attribut.
- Härligt, uppmanar till miljötank, DIY, färgglatt, uppiggande, lycka
- Stort, smart, behövt, internationellt gångbart, omärkbart, icke så designattraktivt
- Oändliga möjligheter, effektivisera, många användningsområden
- Äckligt, tung industri, ohygienisk, oetisk marknad kan ta del av detta



POSITIV & OPTIMISM

- Bra kombinera design med konstruktionslösning, stor potential att blanda våra designingenjörsskills, lätt göra en design som ligger i tiden, cool lösning.
- Ge isolation (på bra sätt) från omvärlden, valfrihet, dämpande, skapa harmoni, egentid, ro
- Ligger i tiden (modern), kan passa en stor användningsgrupp
- Många olika evenemang, inblandar en stor mängd människor
- Flera funktioner, hög användning, valfrihet hos individer, hög utbytbart
- Skydd, glada djur som mår bra



INNOVATION & KREATIVITET

- Stora möjligheter, bred design och funktion, tänka utanför boxen, uppskattat område, kan användas i många applikationsområden
- Hitta smarta lösningar, ytterligare funktioner kring produkten, mer funktioner än bara en avskiljare, finns möjlighet att utforska nya design

- Möjlighet till nytt material till nytt användningsområde, utvecklingspotential från ursprunglig trist design
- Skulle kunna frånga trist konstruktionsmaterial till kul, uppmana människor till goda handlingar
- Valfri konstruktion & design (till barn- öppnare idéer för produktförslag)
- Inget alls.



INFORMATION & FAKTA

- Återbundet skum har varierande densitet → kan komplicera krav på komforten, nära kontakt med kroppsvätskor.
- Lik tidigare arbete, ställer relativt låga krav på hälsokrav och komfort, man tillvaratar materialets främsta egenskaper.
- Använder materialets goda egenskaper- isolera, absorbera, låga krav på komfort
- Använder materialegenskaper- isolerar temperatur och ljud, absorberar vibration
- Flexibilitet i material ger valfrihet hos formen. God potential till ljudisolering, kan ha låga krav på komfort
- Begränsad för innovation, nyttjar materialegenskaper, inga krav på estetik



FAROR & PESSIMISM

- Ej ha för hög kvalitet på komforten, svårt att komma på något nytt som ej redan finns, svårt att vara innovativ → mättat område form- och konstruktionsmässigt, höga hälsokrav, undvika kemikalier
- Har ej så stor marknadspotential i sig själv
- Vet ej materialegenskaperna i kombination med växtlighet → farliga utsläpp/föroreningar
- Känsligt med ljudteknik- ett komplext område att förstå
- Tidigare arbeten har tänkt på detta
- Mättad, begränsad marknad, hårda krav på material & slitage & kvalitet, når ej direkt ut till en bred användargrupp

BILAGA 4 - FUNKTIONSANALYS

Verb	Substantiv	Prioritering	Förtydligande/Kommentar
Kunna	Vandra genom ett antal livscyklar	HF	Med återvunnet PUR fortsätta vandra genom flera livscyklar
Vara	Estetiskt tilltalande	N	
Vara	Lättåtervunnen	N	
Vara	Lättdemonterbar	N	
Vara	Lättillgänglig	N	Ingen extra möda får krävas för användning
Besitta	Modularitet	N	
Nå	Målgrupp	N	
Följa	Lagkrav	N	
Uttrycka	Säkerhet	Ö	
Uttrycka	Enkelhet	Ö	
Uttrycka	Renlighet	Ö	
Vara	Hållbar	N	Miljömässigt
Förenkla	Rengöring	Ö	
Upplevas	Lättanvändbar	Ö	
Inspirera	Miljömedvetenhet	Ö	
Vara	Multifunktionell	Ö	
Erbjuda	Förvaring	Ö	
Bidra	Lönsamhet	Ö	Ge känsla av att man besparat sin egen ekonomi
Minimera	Nya råvaror	N	
Förenkla	Sysslor	Ö	
Maximera	PUR-användandet	N	
Attrahera	Nya marknader	Ö	
Uttrycka	Harmoni	Ö	
Medge	Kreativitet	Ö	
Uttrycka	Innovation	N	Ska kännas nytänkande
Uttrycka	Modernitet	Ö	Ska kännas tidsenlig
Dämpa	Ljud	Ö	
Tåla	Stötar	Ö	
Vara	Flexibel	Ö	
Erbjuda	Stimulans	Ö	
Isolera	Temperatur	Ö	
Absorbera	Vätska	Ö	
Erbjuda	Mjukhet	Ö	
Minimera	Materials spill	Ö	
Skapa	Efterfrågan	Ö	
Skydda	Fragilvaror	Ö	
Tåla	Slitage	Ö	
Skapa	Glädje	Ö	

Förkortningar:

HF Huvudfunktion

N Nödvändigt

Ö Önskvärdig

O Onödig

BILAGA 5- KRAVSPECIFIKATION

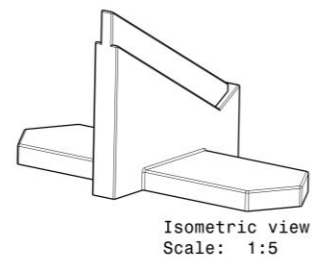
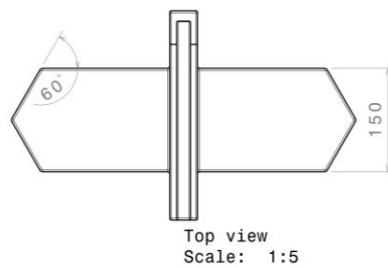
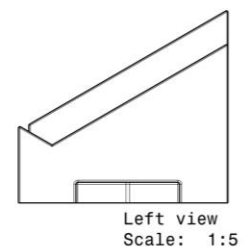
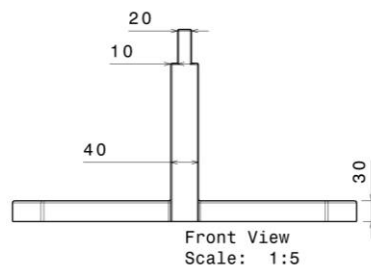
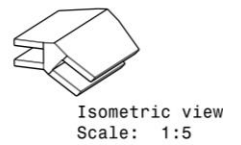
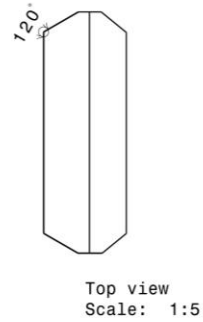
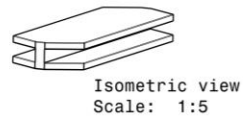
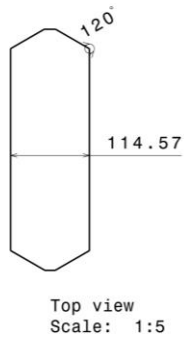
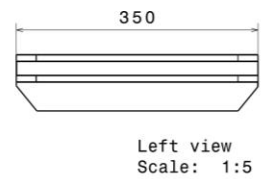
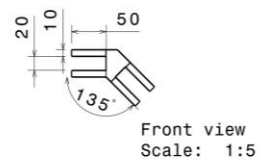
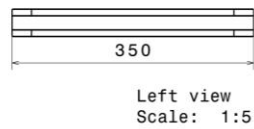
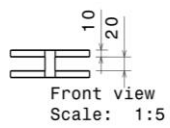
Kriterienr.	Kriteriebeskrivning	Checklista	Vid ytterligare beskrivning	Bedömning				
				5	4	3	2	1
Alstring, utveckling och konstruktion								
1	Konceptet ska utformas så att PUR-skummet kommer till full användning	1.1		X				
2	Konceptet ska utformas med hänsyn till miljökrav	1.2		X				
3	Konceptet ska konstrueras lättdemonterbar	1.2	Modulariserad för förenkling av återvinning	X				
4	Konceptet ska utformas för att gynna miljömedvetenheten	1.2			X			
5	Konceptet ska minimera mängden nya råvaror	1.2		X				
6	Konceptet ska utformas och anpassas till målgruppen	1.3			X			
7	Konceptet ska utformas så att materialåtgången maximeras och materialspill minimeras	1.4			X			
8	Konceptet ska uttrycka innovation	1.4	nyttänkande och ge inspiration		X			
9	Konceptet ska utformas med hänsyn tagen till Cirkulär ekonomi	1.4			X			
Framställning och tillverkning								
10	Energiåtgången vid tillverkningsprocessen bör ej överskrida energiuutvinningen vid förbränning av materialet	2.1		X				
11	Framställningen bör ej släppa ut mer koldioxid som Industriutsläppsdirektivet (IED) förordar	2.2		X				
12	Framställningen bör följa Naturvårdsverkets riktvärden för bullernivåer från industrin	2.2			X			
13	Framställningen ska främja mänskliga rättigheter	2.3		X				
14	Framställningen ska ske under ergonomiska villkor	2.3		X				
15	Framställningen av konceptet ska vara ekonomiskt effektiv	2.4			X			

Lagring och transport								
16	Lagring- och transportprocesserna ska vara så effektiva som möjligt	3.1		X				
17	Transportsträckan ska vara så liten som möjligt	3.2			X			
18	Lagring och transport ska ske på ergonomiska villkor	3.3		X				
19	Lager- och transportkostnader ska minimeras	3.4	lagerhållning och fulla transportbilar		X			
Avyttring								
20	Försäljningsprocessen ska ha hållbar utveckling som fundament	4.1			X			
21	Marknadsföringen ska baseras utifrån och uppmana ett miljötänk	4.2			X			
22	Marknadsföringen ska riktas mot målgruppen	4.3		X				
23	Marknadsföringen ska ekonomiskt främja konceptet	4.4			X			
Brukning								
24	Brukningens processen ska ha en lång livslängd	5.1		X				
25	Konsekvenserna av användningen ska ha en minimal miljöpåverkan	5.2			X			
26	Brukningen ska inte vålla till personskador eller en hälsofara	5.3		X				
27	Brukandet ska ske under så resurssnåla förhållanden som möjligt	5.4			X			
Eliminering								
28	Elimineringsprocessen ska vara lätt som möjligt	6.1		X				
29	Materialen ska lätt kunna separeras för återvinning	6.2			X			
30	Elimineringen ska ej orsaka hälsoskador	6.3		X				
31	Konceptet ska vara lättdemonterat vid eliminering	6.3	Enkelt förstås hur demontering görs		X			
32	Konceptet ska vid eliminering ej ta onödigt lång tid och energi	6.4			X			

CHECKLISTA

Aspekter:	Process	Miljö	Människa	Ekonomi
Livscykelfas:				
Alstring (Utveckling, konstruktion, m m)	1.1	1.2	1.3	1.4
Framställning (Tillverkning, montering, kontroll, m m)	2.1	2.2	2.3	2.4
Lagring och transport	3.1	3.2	3.3	3.4
Avyttring (Försäljning, distribution, m m)	4.1	4.2	4.3	4.4
Brukning (Installation, användning, underhåll, m m)	5.1	5.2	5.3	5.4
Eliminering (Borttransport, återvinning, förstöring, m m)	6.1	6.2	6.3	6.4

BILAGA 6- MÅTTSÄTTNING PÅ TILLBEHÖR TILL RE-XAGON



Sustainability Life Cycle Assessment

Ready Reckoner SLCA analysis matrix

version 1.0, February 3rd 2012

This Ready Reckoner is provided by The Natural Step as a quick tool for analysing the responses to the Standardised SLCA Questionnaire. It is a quick analysis based on the number of yes and no answers to the questionnaire. More accuracy can be added through judging which of the impacts that scale or severity.

Enter the responses to the questionnaire in the 'tally sheet'. The colours will update automatically as you enter responses.

	1. Raw Materials	2. Production	3. Packaging, distribution & retail	4. Use	5. End of Life
 Sustainability Principle 1	4	5	3	7	5
 Sustainability Principle 2	3	3	6	7	7
 Sustainability Principle 3	5	4	5	7	7
 Sustainability Principle 4	5	2	4	7	7

Colour key

7 yes / NA	Very Good
6 yes / NA	
5 yes / NA	Good
4 yes / NA	
3 yes / NA	
2 yes / NA	Bad
1 yes / NA	
0 yes / NA	Very bad

All answers positive. Sustainability Principle is met.

Mostly positive responses. Sustainability Principle mostly met.

Mostly positive responses. Sustainability Principle mostly met.

Some positive responses

Quite a few negative responses.

Mostly negative responses. Sustainability principle mostly not met.

Mostly negative responses. Sustainability principle mostly not met.

All answers negative. Sustainability principle not met.

Kostnads kalkyl

Tillverkningskostnad för återbundet
PUR-skum:

$$1 \text{ €/kg} \approx 9 \text{ kr/kg}$$

Direkt lön till Eklunds Bildelslager:

$$15 \text{ kg skum/bil}$$

$$5 \text{ min/bil} \rightarrow 50 \text{ kr/bil}$$

Återvinningsföretagens priser:

$$800 \text{ kr / ton}$$

UTRÄKNINGAR AV DIREKT LÖN FÖR EN HEXAGON AV ÅTERBUNDET PUR:

Jungfruligt materialdata:

15 kg / bil från Eklunds bildelslager

$$\rho = 100 \text{ kg/m}^3$$

Återbundet materialdata:

$$m = 1,26 \text{ kg/hexagon}$$

$$\rho = 110 \text{ kg/m}^3 \rightarrow V = 0,0109 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow \text{Massa från bil} = m_{ny} \approx 1,15 \text{ kg}$$

$$15 \text{ kg/1,15 kg} \approx 13 \text{ st hexagoner/bil} \rightarrow 50 \text{ kr/13 st} \approx 3,85 \text{ kr/hexagon}$$

UTRÄKNING AV TILLVERKNINGSKOSTNADER:

1 €/kg $\rightarrow$ 9kr/kg för återbundet och jungfruligt PUR-skum (ANTAGANDE)

$$\text{Tillverkningskostnad per hexagon: } 1,26 \text{ kg} \cdot 9 \text{ kr/kg} + 1,26 \cdot 0,8 \text{ kr/kg} = 12,35 \text{ kr}$$

$$\text{Tillverkningskostnad per spår: } 0,154 \text{ kg} \cdot 9 \text{ kr/kg} + 0,154 \cdot 0,8 \text{ kr/kg} = 1,51 \text{ kr}$$

$$\text{Tillverkningskostnad per fot: } 0,940 \text{ kg} \cdot 9 \text{ kr/kg} + 0,94 \cdot 0,8 \text{ kr/kg} = 9,21 \text{ kr}$$

$$\text{Total kostnad för en hexagon: } 12,35 + 3,85 = 16,2 \text{ kr}$$

$$\text{Total kostnad för ett spår: } 1,51 \text{ kr}$$

$$\text{Total kostnad för en fot: } 9,21 \text{ kr}$$

$$\text{Total kostnad för Produktförslag 1: } 9 \cdot 16,2 + 2 \cdot 9,21 + 18 \cdot 1,51 = \mathbf{191 \text{ kr}}$$

$$\text{Total kostnad för Produktförslag 2: } 42 \cdot 16,2 + 8 \cdot 9,21 + 84 \cdot 1,51 = \mathbf{881 \text{ kr}}$$