

CHALMERS



En förstudie inför utvecklingen av Volvo S90 limousines mittdörrspanel

A preliminary study of Volvo S90 limousine middle door panel

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Design och
Produktutveckling*

Louise Ahnvik
Matilda Kristiansson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2017

Examinator: Gert Persson

Examensarbete No. 163/2017

EXAMENSARBETE 2017

Konceptframtagning av mittdörrspanel till Volvo S90 limousine

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design och Produktutveckling

LOUISE AHNVIK

MATILDA KRISTIANSSON

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2017

Konceptframtagning av mittdörrspanel till Volvo S90 limousine
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design och Produktutveckling
LOUISE AHNVIK MATILDA KRISTIANSSON

© Louise Ahnvik, Matilda Kristiansson, Sverige 2017

Examensarbete 2017
Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige

Omslag: Rendering av slutkoncept

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Göteborg, Sverige 2017

FÖRORD

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete genomfört vårterminen 2017 vid Chalmers tekniska högskola under institutionen Material och tillverkningsteknik. Examensarbetet utfördes i samarbete med Havd Group mot Nilsson Special Vehicles och avhandlar en förstudie av utvecklingen av mittdörrspanelen hos Volvo S90 limousine. Arbetet omfattar 15 hp och är ett avslutande moment på högskoleingenjörsutbildningen Design och produktutveckling.

Ett stort tack riktas till Havd Group för ett väl omhändertagande, i synnerhet Ingrid Bergqvist för handledande och coachning samt Freddie Johansson för ovärderlig hjälp vid arbete i CAD. Vi vill även tacka arbetets handledare på Chalmers tekniska högskola, Gert Persson, för engagemang och vägledning under arbetets gång.

Slutligen vill vi tacka Nilsson Special Vehicles och IAC Group för varmt mottagande vid studiebesök, samt alla som ställt upp i intervjuer och observationer under arbetets gång. Samtliga har bidragit med väsentliga fakta och information och har tillsammans spelat en avgörande roll för arbetet som helhet.

Göteborg, 2017

Louise Ahnvik
Matilda Kristiansson

SAMMANFATTNING

Denna rapport beskriver ett examensarbete utfört i samarbete med Havd Group mot Nilsson Special Vehicles vid Chalmers tekniska högskola våren 2017. Arbetets syfte var att sammanställa en förstudie inför stundande konstruktion av mittdörrspanelen i Volvo S90 limousine med fokus på återanvändning av disponibla bakdörrspaneler från Volvo V90 och därigenom minimera materialspill. Förstudien ämnade sedan mynna ut i hur man på optimalast och lämpligast sätt, utifrån listade krav samt ett övergripande hållbarhetstänk, borde utforma dörrpanelen.

I arbetets tidiga skede kartlades utgångsprodukten, Volvo V90 bakdörrspanel, samt tidigare projekt av liknande karaktär som de båda företagen deltagit i. Flertalet studiebesök och observationer genomfördes även för att få en uppfattning om den fullständiga process en framtida panel kommer genomgå. I samband med dessa erhöles även förståelse för samtliga inblandade leverantörer och avdelningar som kommer involveras vid kommande tillverkning och produktion. Det framkom också att panelens sammansättning inte tillät återanvändning i den grad företagen tänkt, och en del fokus vid produktutvecklingen kom därför att flyttas från materialsparande till bevarande av uttryck och formspråk.

Efter en iterativ produktutvecklingsprocess med involverade representanter från de båda företagen presenterades slutligen ett slutkoncept som visualiserats i modelleringsprogrammet Catia V5. Konceptet verifierades gentemot projektets kravspecifikation samt utvärderades av kunniga anställda på Havd och anses därför uppfylla ställda estetiska och funktionella krav.

SUMMARY

This report is the result of a Bachelor thesis made at Chalmers University of Technology in cooperation with Havd Group for Nilsson Special Vehicles in early 2017. The purpose of the project was to compile a preliminary study of the new Volvo S90 limousine with the focus on reusing as many parts as possible from a V90 door panel and implement these into the S90 limousine panel, thus optimize material usage. The preliminary study intended to lead way towards a design that in the optimal way met the overall requirements and environmental demands.

At the early stages of the thesis work, the original product, the Volvo V90 rear door panel, and previous projects of similar nature in which both companies participated were explored. In addition, educational visits and observations were made to achieve an idea of the full process that the new panel would undergo after implementation. The outcome was gained understanding of suppliers and departments that would be involved in the future manufacturing and production. It was made clear that structure of the V90 panel was much different from that of older panels and that it would not be possible to remake as many components as the companies had hoped. As a result of this, focus was slightly shifted and more energy was put into preserving Volvo's design language as well as optimizing material usage.

Through an iterative development process involving representatives from both Havd and NSV, a final concept could be presented. The concept was created through several steps of design integration, was verified against the project specifications and evaluated with the help of skilled employees at Havd. Ultimately, it fulfilled a large part of the requirements that were classified as basic requirements and stated requirements in the project's introduction.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Uppdrag och problembeskrivning	1
1.3 Syfte.....	3
1.4 Mål och frågeställningar	3
1.5 Avgränsningar	4
2. TEORETISK REFERENSRAM.....	5
2.1 Referensprojekt: Volvo V70 limousine	5
2.1.1 Utgångsprodukt	5
2.1.2 Process	6
2.1.3 Slutprodukt	6
3. METOD	8
3.1 Intervjuer	8
3.1.1 Intervju med VD.....	8
3.1.2 Intervju med modellsnickare & plant manager	8
3.2 Studiebesök.....	8
3.2.1 Nilsson Special Vehicles	9
3.2.2 IAC Group	9
3.3 Observationer	9
3.3.1 Verkstad på Havd	9
3.3.2 Demontering	10
3.4 Delsystem och kundvärde.....	10
3.5 Litteraturstudie	10
3.6 Formstudie	11
3.7 Kravspecifikation.....	11
3.8 Konceptgenerering och verifiering.....	12
3.8.1 Brainstorming	12
3.8.2 PMI	13
3.8.3 Workshop	13
3.8.4 Morfologisk matris	13
3.8.5 Pughmatris	14
3.8.6 “Voice of...”	14
3.9 Visualisering och gestaltning	14
3.9.1 Skissmodell i 2D.....	14
3.9.2 Skissmodell i 3D.....	15
3.9.3 CAD - Computer Aided Design	15
4. UTGÅNGSPRODUKT	16

4.1 Volvo V90: Bakdörrspanel.....	16
4.1.1 Demontering	17
4.1.2 Analys av delsystem och kundvärde	18
4.1.3 Miljöanalys och End of life	18
4.2 Volvo V90: Framdörrspanel.....	20
4.3 Formstudie	20
5. KRAVSPECIFIKATION	23
6. MATERIAL OCH TILLVERKNING	25
6.1 Vakuumformning	25
6.2 Plast	27
6.2.1 ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene	27
6.3 Klädsel.....	28
6.3.1 Läder.....	28
6.3.2 Vinyl.....	29
7. KONCEPTGENERERING: FAS 1	30
7.1 Koncepturval	30
7.1.1 Koncept 3.....	31
7.1.2 Koncept 4.....	32
7.1.3 Koncept 7.....	33
7.1.4 Koncept 8.....	34
7.1.5 Koncept 9.....	35
7.2 Avstämning med Havd Group och Nilsson Special Vehicles	36
7.3 Korsbefruktning av koncept	36
7.4 Konceptval för vidareutveckling	38
8. KONCEPTGENERERING: FAS 2	40
8.1 Koncept A & B	40
8.1.1 Koncept A: En del	41
8.1.2 Koncept B: Två delar.....	42
8.2 Koncept C	43
8.3 Koncept D.....	44
8.4 Val av konceptförslag.....	45
9. SLUTGILTIGT KONCEPTFÖRSLAG	47
9.1 Presentation av slutkoncept	47
9.2 Intressanta delar och detaljer	48
9.2.1 Mötet mellan ram och waist rail	49
9.2.2 Mötet mellan ram och carry over	49
9.2.3 Armstödet påbyggnad	50
9.2.4 Panelens upphängningsanordning	50
10. MILJÖANALYS.....	51

10.1 End of life	51
10.2 Miljöpåverkan.....	51
10.3 Materialoptimering	53
11. DISKUSSION	54
12. SLUTSATS.....	56
13. REKOMMENDATION	57
REFERENSER	58
BILDREFERENSER	61
BILAGOR	

BEGREPPSFÖRKLARING

<i>ABS</i>	Akrylnitril-butadien-styren
<i>BOM</i>	Bill of materials
<i>Havd</i>	Havd Group
<i>NSV</i>	Nilsson Special Vehicles
<i>u.å</i>	Utan återgivningsdatum

1. INLEDNING

Detta kapitel syftar till att ge läsaren en förståelse och insikt i examensarbetets upplägg och intention. Kapitlet inleds med bakgrundsinformation om uppdragsgivaren och uppdraget samt formulerar de problem som framkommit under arbetets inledning. Vidare redogörs även för examensarbetets syfte, mål och frågeställningar. Kapitlet avslutas med att avgränsningar som den här rapporten inte avhandlar tas upp.

1.1 Bakgrund

Havd Group, eller endast Havd, är ett företag verksamt i både Sverige och Ungern med fokus och expertis inom fordonsindustrin. Bland sina kunder har de Nilsson Special Vehicles som specialiserat sig på att bygga om Volvos av olika modeller till specialfordon som ambulanser, begravningsbilar och begravningslimousiner. Fordonen som byggs om är fordon i originalutförande inköpta från Volvo Cars (Nilsson Special Vehicles, 2017). Nilsson Special Vehicles kommer i detta arbete ofta förkortas NSV.

De limousineombyggnationer som NSV genomför sker på beställning från kunder i Storbritannien dit de flesta fordonen även exporteras. De brittiska kunderna är vanligen begravningsbyråer som traditionsenligt köper in limousiner för att köra dessa i begravningsprocessioner. Enligt tradition leds dessa processioner av en begravningsbil, innehållandes kista och blommor, tätt följd av en eller flera limousiner med den avlidnes familjemedlemmar. Processionen körs sedan genom staden på väg till kyrka eller kapell, varför tåget och inkluderade fordon förväntas se presentabla och högtidliga ut (Funeral Costs Help, 2014).

Havd Group och Nilsson Special Vehicles står nu i startgropen för nästa stora limousineprojekt; Volvo S90 limousine, varför Havd har ombetts konstruera den dörrpanel som skall sitta på limousinens mittdörr. Trots erfarenhet av liknande projekt hos båda företag kräver implementeringen av en ny fordonsmodell en förstudie för att den nya produktionen ska kunna genomföras så optimalt som möjligt.

1.2 Uppdrag och problembeskrivning

Uppdraget som detta examensarbete grundar sig i är den kommande produktionen av Volvo S90 limousine vid vilken Volvo S90 i originalutförande kommer klyvas i mitten, förlängas och förses med två mittdörrar. För att ändringarna ska se så naturliga ut som möjligt är det viktigt att såväl in- som utsida av de nya dörrarna speglar det formspråk som återfinns i övriga delar av fordonet. Figur 1.1 nedan visar Volvo S90 i sitt originalutförande och figur 1.2 visar en illustration av hur limousinen kommer se ut när förlängningen är genomförd.



Figur 1.1. Volvo S90 exteriör, sned sidvy framifrån (Motor Trend, 2017).



Figur 1.2. Konceptbild på S90 limousinens exteriör, sned sidvy framifrån (Wilcox Limousines, 2017).

I detta projekt är det interiören av de nya mittdörrarna på Volvo S90 limousin, de så kallade dörrpanelerna, som kommer undersökas. För att konstruktionen av dessa nya paneler ska göras så effektiv som möjligt vill NSV att överblivet material och komponenter från andra projekt ska kunna återanvändas i så stor utsträckning som möjligt. Komponenterna som de ämnar ta till vara på kommer från ett systerprojekt till limousineprojektet, nämligen kommande produktion av NSV:s nästa begravningsbil. Detta är ett projekt som kommer utgå från modellen Volvo V90 och resulterar i ett fordon med endast tre dörrar; en vid förarsidan, en vid passagerarsidan och en stor dörr längst bak i fordonet. Eftersom NSV måste köpa in kompletta fordon från Volvo kommer de få ett överskott av bakdörrar från V90 som står utan användningsområde. Av denna anledning har Havd fått i uppdrag att tillverka en mittdörrspanel till S90-limousinen genom att återanvända så mycket som möjligt av de överblivna V90-panelerna. I figur 1.3 nedan visas i snarlik klädsel den V90-panel som alltså kommer användas som bas vis konstruktion av den nya mittdörrspanelen.



Figur 1.3. Bakdörrspanelen hos en Volvo V90 som i detta projekt ska omkonstrueras för att kunna återanvändas som mittdörr i Volvo S90 limousine (A2mac1, 2016).

De båda Volvomodellerna är ytterst lika varandra sett till sina paneler och att integrera de båda är därför optimalt för att göra processen så kostnadseffektiv som möjligt. För att panelen ska passa i det nya limousineutförandet måste dock formen ändras och en förlängning göras.

1.3 Syfte

Examensarbetets syfte är utarbeta en förstudie på den mittdörrspanel som Havd Group fått i uppdrag att konstruera åt Nilsson Special Vehicles i samband med kommande produktion av Volvo S90 limousine. Förstudien kommer leda fram till ett konceptförslag som på bästa sätt ska ta till vara på material från överblivna Volvo V90-bakdörrspaneler. Vid examensarbetet avslut ska sammanställt material fungera som underlag för Nilsson Special Vehicles och Havd Group i deras kommande vidareutveckling och implementering av den nya panelen.

1.4 Mål och frågeställningar

Som ett komplement till tidigare formulerat syfte presenteras nedan en lista med frågeställningar. Målet är att finna svar på dessa frågeställningar för att på så vis kunna utveckla en konceptlösning som på bästa sätt möter både uppdragsgivarens och kundens krav.

- Hur är utgångsprodukten, Volvo V90 bakdörrspanel, uppbyggd?
- Vilka komponenter kommer kunna återanvändas från Volvo V90 bakdörrspanelen?
- Vilka estetiska och funktionella krav ställs på den nya limousinepanelen?
- Hur kan den nya panelen formges så att materialspill minimeras?
- Hur stor miljömässig skillnad blir det mellan ny och gammal panel?

1.5 Avgränsningar

Nedan listas de avgränsningar som gjorts med anledning av projektets begränsningar i tid, omfattning och uppdragsram. Konceptet som tas fram kommer vara anpassat efter nuvarande förutsättningar för tillverkning av Havds egen personal med anledning av att produktion avses ske i företagets verkstad i Mölndal. Koncept och metoder som kräver annan plats för tillverkning kommer uteslutas. Examensarbetet kommer i övrigt inte heller att:

- Undersöka eller ta hänsyn till krock- eller brandsäkerhet
- Framställa kostnadskalkyler
- Genomföra hållfasthetsberäkningar
- Ta fram produktions- eller tillverkningsunderlag

2. TEORETISK REFERENSRAM

I syfte att sammanställa en teoretisk referensram kartlades företagets tidigare erfarenheter av liknande projekt samt utvalda, relevanta projekt utförda av konkurrenter. Den information som framkom involverar det interna arbetet som genomfördes vid limousineprojektet Volvo V70 samt begravningsfordon skapade av Coleman Milne och Kuhlmann Cars. Redogörelsen över konkurrenternas projekt finns att läsa i bilaga 1 som på grund av en liten bransch och svåråtkomlig information är limiterad i omfattning. Dessutom finns lite information om hur just ombyggnationen gått till, troligtvis på grund av sekretess och metoder man gärna vill hemlighålla. Materialet är därför inte av större relevans och har spelat liten roll i projektprocessen. Tidigare erfarenheter och projekt utförda av Havd och NSV har däremot använts mer, framförallt det referensprojekt som beskrivs nedan.

2.1 Referensprojekt: Volvo V70 limousine

Havd och NSV har tidigare samarbetat i och med tillverkningen av Volvo V70 limousine. Björn Hedenberg, VD på Havd, förklarar att NSV då köpte in nya, kompletta Volvo V70 från Volvo, demonterade dessa, och levererade originalbilens bakdörrspaneler till Havd. Havd designade om panelen, tog fram produktionsunderlag samt tillverkade och klädde de paneler som kom att sitta i limousinen (personlig kommunikation, 7 februari 2017). Även i detta projekt fanns kunderna i Storbritannien dit de kompletta limousinerna exporterades för att ingå i begravningsprocessioner.

2.1.1 Utgångsprodukt

I figur 2.1 nedan visas referensprojektets utgångsprodukt. Den röda markeringen ringar in den så kallade carry overn som sparats från originalpanelen och som återanvänts vid omkonstruktionen. Komponenten inkluderar dekorlist, handtag, armstöd samt högtalargaller som sitter monterade på en klädd, något böjd yta som kan ses som carry overns bas.



Figur 2.1. Volvo V70 bakdörrspanel i svart utförande med carry overn inom det rödmarkerade området (A2mac1, 2010).

Omkringliggande ram kasserades då klädseln gjorde att denna inte kunde återanvändas och en ny komponent med originalform beställdes som ersättning (Björn Hedenberg, personlig kommunikation, 7 februari 2017). Denna originalprodukt kom sedan att fungera som stöd i den nya vakuumformade plastdetaljen i vilken förlängningen och formändringen gjordes. Leverantörer av originalpanelen var IAC Group.

2.1.2 Process

Processen som referensprojektet genomgick har beskrivits av Björn Hedenberg samt av Jesper Reimann i samband med intervjuer och observation i Havds verkstad.

Projektet inleddes med att Havd tog fram CAD-ritningar som underlag för förlängningen. Det bestämdes att den nya ramen skulle tillverkas i ABS-plast genom vakuumformning i företagets verkstad, varefter ett formverktyg i uriol skapades. Nya, obeklädda originalramar köptes, sågades och placerades inuti den nya ramen som förstärkning. Tillsammans med den nya ramen vakuumformades även en förstärkning för förlängningen, en så kallad insert, som senare kom att fästas på panelens baksida för att stadga upp den del av konstruktionen som låg utanför originalpanelen. De olika delarna limmades ihop och kläddes sedan med läder. Panelen var sedan redo att levereras till NSV där den monterades fast i motsvarande dörr på Volvo V70 limousine.

2.1.3 Slutprodukt

Slutprodukten blev en panel med samma uttryck som originalpanelen i och med den bevarade carry overn, se figur 2.2. Förlängningen och formändringen påverkar endast den kringliggande ramen och dennas material är snarlikt originalet, varför även denna del bidrog till ett liknande utseende.



Figur 2.2. Frontvy på bakdörrspanelen till V70 limousine, förlängning i framkant (till höger i bild) och formanpassning i bakkant (till vänster i bild). Författarnas egen bild.

I figur 2.3 nedan visas baksidan av den ombyggda panelen tillsammans där det går att se övergången mellan originalpanelen och förlängningen samt den förstärkning som är fäst i förlängningen till vänster.



Figur 2.3. Rekonstruerad dörrpanel med tydlig övergång från originalpanelen och förlängningen. Författarnas egen bild.

3. METOD

För att utröna och undersöka relevanta aspekter och förutsättningar för att omforma V90-panelen till en panel passande S90 limousine användes ett antal olika metoder för informationsinsamling, idégenerering, konceptutvärdering och gestaltning. Metoderna är utvalda och utförda enligt designprocessens olika faser: *Behov*, *Idéer*, *Utveckling* och *Genomförande* (Stiftelsen svensk industridesign, u.å, a). Kapitlet fortlöper i kronologisk ordning sett till projektutbredningen.

3.1 Intervjuer

I syfte att kartlägga tidigare genomförda projekt, förutsättningar för tillverkning samt övrig relevant yrkeserfarenhet genomfördes ett antal intervjuer med anställda på Havd. Dessa intervjuer var överlag semistrukturerade och inleddes med att intervjuobjektet fritt fick berätta om aktuellt ämne - detta för att redan från början få en bild av vad experten i fråga ansåg extra viktigt. Kring detta kretsade sedan efterföljande frågor baserade på intervjuguider som sammanställts innan respektive intervju.

3.1.1 Intervju med VD

För att få en övergripande bild av hur tidigare projekt med dörrpaneler genomförts på Havd intervjuades VD Björn Hedenberg som länge arbetat med liknande projekt och besitter erfarenhet från bland annat Volvo Group. Intervjun inleddes med att Björn beskrev design- och tillverkningsprocessen varefter en semistrukturerad, övergripande intervjuguide, se bilaga 2, följdes. En ombyggd dörrpanel av modell Volvo V70 användes som medierande objekt för att underlätta beskrivning av tidigare projekt.

3.1.2 Intervju med modellsnickare & plant manager

Då ingående information om tillverkningsprocess, materialegenskaper och övergripande förutsättningar i Havds verkstad skulle undersökas intervjuades modellsnickaren Jesper Reimann och plant manager Jan-Erik Svensson. Intervjun inleddes med rundvandring i verkstadslokalerna och en beskrivning av hur den dagliga tillverkningen går till samt relevant information om de material och metoder som används gick igenom. En observation av vakuumformning genomfördes även. En semistrukturerad intervjuguide, se bilaga 3, användes som mall och kompletterades med följdfrågor allt eftersom intervjun fortlöpte.

3.2 Studiebesök

Två studiebesök genomfördes för att få en bättre uppfattning om utgångsprodukten och de företag som spelar in i dess tillverkning och hantering.

3.2.1 Nilsson Special Vehicles

I projektets inledande skede genomfördes ett studiebesök hos Nilsson Special Vehicles i Laholm. Målet med besöket var att genom intervju och observation få förståelse för företagets processer och hur de har arbetat vid tidigare limousineprojekt. Problem med tidigare projekt samt specifika krav och önskningar inför kommande arbete diskuterades vid rundvandring och observation i verkstaden. För arbetet intressanta delar i verksamheten fotograferades för att kunna ses över och återgå till under arbetets gång.

3.2.2 IAC Group

Då arbete med V90-paneler var nytt för Havd var det av största intresse att få en insikt i panelernas uppbyggnad, varför ett studiebesök bokades in hos IAC Group i Torslanda där panelerna tillverkas. Här iaktogs tillverkningens olika steg och det blev tack vare samtal med ansvariga på plats möjligt att skapa en mycket godare förståelse för panelernas tillverkningsprocess, dess olika komponenter och hur dessa står i relation till varandra. I samband med studiebesöket efterfrågades även en Bill of materials - en lista med panelens komponenter, antal, material, vikt och artikelnummer. Denna lista ämnades ligga till grund för en analys av panelens koldioxidutsläpp och en senare jämförelse med den nya limousinepanelen. Listan som tillslut erhöles saknade dock både materialförteckning och vikt, varför analysen som genomfördes utgår från en enklare BOM-lista som fick sammanställas som ersättning. Siffrorna som presenteras är av denna anledning inte 100 % korrekta men ger ändå en bild av det koldioxidutsläpp som panelen gett upphov till.

3.3 Observationer

Eftersom arbetet med limousiner Havd och NSV emellan sker i så liten skala hämtades den största delen av informationen från företagen själva. Därför var observationer en särskilt viktig del i kartläggningen av hur processen kring en framtida panel skulle se ut. I och med observationerna kunde företagsspecifika förutsättningar iaktas och beaktas när material och tillverkningsmetoder skulle fastställas längre fram i projektet. Observationerna kompletterades med övergripande observationsmallar rörande det specifika ämnet.

3.3.1 Verkstad på Havd

För att få en bild av Havds maskinpark och de olika stationerna som finns att tillgå genomfördes en inledande, övergripande rundvandring i Havds lokaler. Vid en andra observation visade modellsnickaren Jesper Reimann hur arbetet vid tidigare referensprojekt gått till och en förståelse kunde skapas för hur tidigare och kommande arbetsprocess skulle kunna se ut. I verkstaden kunde även tillgänglig maskinpark undersökas och förutsättningar för produktion kartläggas.

3.3.2 Demontering

För att erbjuda någonting fysiskt att arbeta med och på så vis underlätta konceptgenereringsarbetet levererade NSV en Volvo V90 bakdörrspanel till Havd. Denna monterades sedan isär i Havds verkstad för att möjliggöra kartläggning panelens delsystem och komponenter. Det iakttoogs här hur komponenterna, både funktions- och utseendemässigt, påverkades av demonteringen. Det framkom även huruvida delar skulle kunna återanvändas, eller om det skulle bli nödvändigt att köpa in nya, omonterade delar. Den process som iakttoogs var samma som den sett ut vid tidigare projekt och skulle se ut vid kommande produktion, varför observationen var av högsta intresse.

3.4 Delsystem och kundvärde

I syfte att undersöka kundvärdet i den befintliga V90-panelen, samt kartlägga var detta värde genereras, genomfördes en analys av panelernas ingående delsystem. Ett delsystem är en samling av komponenter som tillsammans utgör en viktig roll för ett sammansatt tekniskt system (Teknikskolan, u.å); i detta fall dörrpanelen med sina olika komponenter. Hela bilen kan här ses som det övergripande systemet. Utifrån analysen gick det att avgöra vilka delsystem som är viktigast för att produkten ska fylla sin funktion och inge ett kundvärde. Kundvärdet i sig bygger på två aspekter: Uppfyllande av kundvärde samt förbrukning av resurser, exempelvis tid, pengar, miljöförbrukning etc. Dessa divideras sedan och det så kallade kundvärdet fås fram, se ekvation 1.

$$\frac{\text{Uppfyllande av kundbehov}}{\text{Resursförbrukning}} = \text{Kundvärde} \quad (1)$$

Resultatet av delsystemsanalysen kom att ligga till grund för den vidare konceptgenereringen och beslut rörande bevarande kontra eventuellt kasserande av delsystem.

3.5 Litteraturstudie

Fakta om relevanta material och tillverkningsmetoder kartlades främst genom studier av hemsidor och annan digital media: För analys av produktens miljöpåverkan, dess material och tillverkningsmetoder användes bland annat CES EduPack (Granta Design Ltd., 2016); en material- och tillverkningsdatabas där materialdata kunde undersökas. Med hjälp av CES EduPack sammanställdes också ett bubbeldiagram som var till hjälp vid översikt över relevanta material för vidareutveckling.

Vid analys av produktens livscykel och dess utsläpp av växthusgaser användes främst mobilapplikationen Idemat (Meursing, 2015). Appen är en hållbarhetsinspirerad materialvalsapp vars syfte är att förse ingenjörer och designers med information som spelar roll i analys och skapande av miljövänliga produkter (Ecocostvalue, u.å). Informationen baseras på livscykelanalysberäkningar på närmare 500 olika material med relaterade processer och kommer från Delft University of Technology. Syftet med att analysera utgångs- och slutprodukten miljöpåverkan med hjälp av Idemat var att kunna skapa en jämförelse mellan

gammal och ny panel. För insamlande av information kring tillverkningsmetoder användes information från Formech, ett företag med lång erfarenhet inom plasttillverkning. Denna information vägdes upp med samtal med kunnig personal på Havd.

3.6 Formstudie

För att uppfylla de estetiska krav som ställdes på panelen av NSV genomfördes en formstudie. Denna inleddes med en informationsinsamling för att sammanställa en visuell representation av Volvos vision och ledord. Både abstrakta och konkreta bilder samlades in som representationer för Volvo som företag, biltillverkare och ledande branschaktör. En stor fördel med visualisering i bilder är den förenklade kommunikationen och möjlighet att skapa en överensstämmande samsyn (Stiftelsen Svensk Industridesign, u.å, b). Bilderna sammanställdes sedan i två olika kollage, så kallade boards; en moodboard samt en imageboard.

Moodboarden utformades för att sammanfatta Volvos visuella uttryck och de associationer människor har med företagets produkter. En moodboard är ett collage av exempelvis bilder, material och texturer som tillsammans skapar en känsla av en design eller en situation (Johannesson, Persson och Pettersson, 2013, s.284). Moodboarden fungerade därför som inspiration och redovisar den inriktning det vidare designarbetet utvecklades i.

För att konkretisera Volvos formspråk och det estetiska mål projektet strävade mot gjordes även en imageboard: Ett verktyg som används vid visualisering av koncept eller design, och illustrerar stil och utseende. Olikt moodboarden gestaltar imageboarden ett framtida koncept på ett konkret sätt och inkluderar faktiska detaljer och komponenter från inspirationskällor (Metodbanken, u.å).

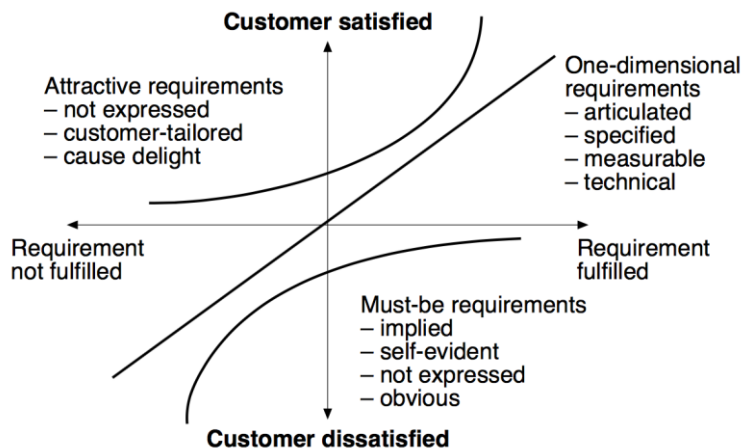
Formstudien i sin helhet låg sedan till grund för vidare designarbete och konceptutveckling och kom även att användas som utvärderingsunderlag av slutkonceptet.

3.7 Kravspecifikation

Efter insamling av data definierades det första utkastet av arbetets kravspecifikation. Specifikationen ingår i den iterativa designprocessen och kom att uppdateras under arbetets gång. I en kravspecifikation fastställs vad den färdigutvecklade produkten eller tjänsten ska uppfylla och uträtta. Specifikationen används sedan i konceptgenereringen för att säkerställa att ställda krav och rådande behov uppfylls i största möjliga mån (Kravspecifikation, 2017).

För att enkelt tyda och sortera behov från uppdragsgivare och kund användes Kanomodellen vid kategorisering av de olika kraven. Modellen visas i figur 3.1 nedan och bygger på behov i tre olika nivåer: *Basbehov*, *uttalade behov* och *outtalade behov*. *Basbehoven* är de behov som sällan uttalas, men som förväntas bli uppfyllda oavsett. Dessa behov ger ingen extra positiv tillfredsställelse eftersom de rör nödvändig kvalitet och krävs för att produkten ska uppfylla sitt huvudsakliga syfte. Dessa ligger till grund för att interaktionen mellan produkt och användare ska fungera. De *uttalade behoven* är de behov som rör förväntad kvalitet, alltså vad

uppdragsgivare och kund är medvetna om att de vill ha. Uppfyllnad av uttalade krav leder till en positiv tillfredsställelse. Slutligen finns även de *outtalade behoven*. Dessa behov är varken uttalade eller förväntade utan rör attraktiv kvalitet, alltså en exponentiell tillfredsställelse vid uppfyllnad, en glad överraskning med andra ord. Då dessa behov är omedvetna gör det dock inte heller någon skada om de inte uppfylls. Ett korrekt användande av kanomodellen och presenterade behovsnivåer resulterar i en högre tillfredsställelse hos uppdragsgivare och kund då behoven bed hjälp av nivåerna kan rangordnats, prioriterats och uppfyllas i väsentlig ordning (Matzler, H.Hinterhuber, Bailom, Sauerwein, 1996).



Figur 3.1. En illustration av kanomodellen med sina tre nivåer. Från vänster: *Outtalade behov*, *uttalade behov*, *basbehov* (Matzler et al., 1996).

3.8 Konceptgenerering och verifiering

Konceptgenerering var en avgörande del i designprocessen och syftade till att producera nya idéer och lösningar på hur den nya panelen skulle kunna utformas. Genereringen skedde med högt i tak och uppmanade, på korrekt vis, till nya tankemönster och en hög grad av kreativitet (Uppsala universitet, u.å). Det finns mängder av olika konceptgenereringsmetoder med olika tillvägagångssätt och utförande, av vilka relevanta för detta arbete beskrivs nedan.

3.8.1 Brainstorming

Brainstorming är en bred idégenereringsmetod som under arbetets gång användes för att stimulera och generera nya idéer och kreativt tänkande. Det finns många varianter av metoden, men det finns gemensamma nämnare som samtliga varianter bygger på. Idéer ska illustreras på något vis och genereras inom ett satt tidsspänn. För att metoden ska vara effektiv ska den genomföras i par eller i grupp med öppensinnade medlemmar. Deltagarna genererar idéer, tillsammans eller individuellt, och presenterar sedan dessa i gruppen. Vanligtvis föds nya idéer i samband med presentationen som antecknas direkt och visas för övriga i gruppen. När gruppens medlemmar inte längre genererar några idéer inleds den fas i brainstormingen som behandlar förädling och modifikation av de olika idéerna. Idéer kombineras, förfinas och slås ihop för ett sista försök att generera ytterligare idéer, och aktiviteten avslutas när deltagarna känner sig klara med genereringen (Föreningsresursen, u.å, a).

I detta arbete illustrerades brainstormingens utfall med hjälp av skisser för hand som sammanställdes under tidsintervallen 5 respektive 10 minuter. Tiderna avsågs generera olika typer av idéer och bestämdes innan brainstormingssessionerna. Som skissunderlag användes ritningar från CAD-filer erhållna av NSV vid projektstart.

3.8.2 PMI

För att enklare kunna jämföra koncept och idéer användes PMI-metoden under bägge konceptgenereringsfaserna. Metoden syftar till att konkretisera positiva, negativa samt intressanta aspekter hos det koncept som utvärderades och ämnar lista dessa under kategorierna *plus*, *minus* och *intressant*. Koncepten kan sedan utvärderas, tillika jämföras, utifrån de olika aspekterna för att skapa en bedömning av vilka idéer som sitter på mest potential, respektive vilka som bör kasseras (Föreningsresursen, u.å, b). PMI-metoden användes iterativt under hela arbetet och återkom i flera skeden.

3.8.3 Workshop

För att samla in viktiga synpunkter från både uppdragsgivare och kund genomfördes en bit in i arbetet en workshop med Havd och NSV med syftet att fungera som avstämning och leda designarbetet vidare. Under en workshop kan en blandning av metoder användas, alternativt endast diskussioner, för att föra mötet framåt och vidare resultera i konkreta förslag och en förfinad handlingsplan för kommande arbete. Rent tekniskt definieras en workshop som ett arrangerat möte mellan ett begränsat antal deltagare och innebär kommunikation och perspektivutbyte gruppmedlemmarna emellan (Boettge, 2002).

Specifikt för detta projekt fungerade workshopen som ett avstämningsmöte då representanter från både Havd och NSV presenterades de konceptförslag som tagits fram under konceptgenereringens första fas. Företagsrepresentanterna redovisade även hur deras tankar gått kring konceptutvecklingen och beskrev de idéer och tankar de hade kring produkten och dess utformning. Företagen fick slutligen chans att styra utvecklingen i den riktning de föredrog genom att välja det koncept de ville se vidareutvecklat.

3.8.4 Morfologisk matris

För att sammanställa de konceptförslag med mest potential, samt för att ta fram en teoretiskt optimal lösning att använda som referens vid utvärdering, användes en morfologisk matris. Den morfologiska matrisen bygger på en korsbefruktnings av alternativa lösningar och genomfördes under första konceptgenereringsfasen. I matrisen redovisades olika delfunktioner eller delproblemen i rader, och alternativa lösningar i kolumner. De olika lösningsförslagen kombineras sedan för att hitta den helhetsvariant som uppfyller så många av delfunktionerna som möjligt på bästa tänkbara sätt (Johannesson et al., 2013, s.174).

3.8.5 Pughmatrix

En så kallad pughmatrix användes under designarbetets gång för att värdera olika konceptlösningar utefter krav och önskemål, samt för att sammanställa en skattningssumma över relevanta koncept. Pughmatrisen lämpade sig även väl vid konceptval då det är ett systematiskt och objektivt beslutsverktyg som underlättar fastställandet av vilken lösning som är bäst för ett specifikt problem. Resultatet av pughmatrisen visade tack vare den numeriska skattningen tydligt vilket, eller vilka, koncept som uppfyllde flest kriterier och som föredragsvis borde tas vidare i konceptgenereringen (Johannesson et al., 2013, s.184).

3.8.6 “Voice of...”

Vid verifiering av konceptgenereringens andra och sista fas utvärderades de olika koncepten med hjälp av den fackkunskap som finns på de olika avdelningarna på Havd. Metoden kallas “Voice of...” och fokuserade i detta arbete på “Voice of the company, customer, function and problems”. Metoden ingår i Värde modellen, en erkänd modell för produktutveckling, och syftar till att uppmärksamma de olika områdena som påverkas av den aktuella produktdesignen och involvera respektive områdes röst i utvecklingen (Value model, 2007). Att kombinera kompetens med intuition vid utvärdering av konceptförslag är ett av flera angreppssätt i processen utvärdering och konceptval, se kapitel 3.8 (Stiftelsen Svensk Industridesign, u.å, d).

De olika avdelningarna som inkluderades i utvärderingen var vakuumformning, klädsel samt montering, vilkas expertis eftersöktes i syfte att evaluera koncepten utifrån den process och de steg ett framtida koncept kommer genomgå. De berörda personerna presenterades bilder och informerades om de olika koncepten med hjälp av originalpanelen som medierande objekt. De berörda fick sedan kommentera de presenterade koncepten och ombads reflektera kring eventuella problem eller svårigheter de såg i realiserande av koncepten. De blev även tillfrågade om vilket koncept de föredrog och ombads kort redovisa varför.

3.9 Visualisering och gestaltning

Att kunna redogöra för hur ett visst koncept ser ut är en viktig del i designprocessen. Stiftelsen Svensk Industridesign (u.å, c) kallar fasen *konceptutveckling och visualisering* och menar på att steget kan vara ovärderligt för att undvika dyra förändringar under senare skeden. Inom ramarna för detta projekt fanns inte möjlighet att ta fram en prototyp av slutkonceptet som istället visualiserades på andra sätt. Visualisering och gestaltning kan ske på många olika sätt och i många olika skeden av ett projekt. Nedan presenteras de visualiseringsmetoder som användes i detta arbete.

3.9.1 Skissmodell i 2D

I visualiseringens inledande skede användes CAD-vyer som visualiseringsunderlag i 2D. Bilder skrevs ut och skissades på för att underlätta genereringen av olika idéer, varefter bilderna öppnades i bildredigeringsprogrammet Adobe Photoshop där de manipulerades för att tydligare gestalta idéerna. Gestaltning i Photoshop användes främst i den andra konceptgenereringsfasen där illustrationerna användes som komplement till de fysiska 3D-modellerna, se kapitel 3.8.2

nedan. Att delar av skissprocessen genomfördes i Adobe Photoshop berodde till största del på den simplifierade processen, samt för att en visualisering med stor precision och tydlighet skulle kunna bli möjlig.

3.9.2 Skissmodell i 3D

Som komplement till 2D-skisser användes modellera i konceptgenereringens andra fas för att gestalta relevanta konceptidéer. Modelleran fästes på en V90-panel och formades för att illustrera de olika koncepten. Detta gjordes för att underlätta verifieringen av koncepten och för att hjälpa de personer som deltog i verifieringen att förstå de olika idéernas uppbyggnad. Fokus var ett detaljområde som i konceptlösningarna ansågs särskilt viktigt att utvärdera. Skissen gjordes i svart modellera och använde en originalpanelen som bas, vilken erhöles från NSV vid projektstart. 3D-skisserna fotograferades och bilderna kunde visas upp för inblandade i samband med verifiering.

3.9.3 CAD - Computer Aided Design

Från Havd erhöles i projektets inledande skede flertalet CAD-filer innehållande modeller av Volvo V90:s dörrar och paneler, samt de nydesignade limousinedörrarna. Underlaget studerades i Catia V5 för att fastställa att de konceptidéer som togs fram skulle passa redan skapade komponenter och ligga i linje med fordonets övergripande design. Från CAD-filerna erhöles den form och storlek som den nya panelen skulle behöva ha för att passa motsvarande dörr och medgav en ingående analys av originalpanelens komponenter.

När slutkonceptet fastställts i projektets slut modellerades detta av Freddie Johansson, konstruktör på Havd, med hjälp av originalpanelen som bas. Utifrån denna digitala 3D-modell skapades sedan renderingar vilkas syfte var att gestalta den slutgiltiga designen på ett verklighetstroget sätt.

4. UTGÅNGSPRODUKT

I detta kapitel presenteras projektets utgångsprodukt, Volvo V90 bakdörrspanel, den liknande framdörrspanelen, samt den formstudie som ligger till grund för det senare estetiska designarbetet. Den primära produkten har under projektets gång varit mycket central, dels som utgångsprodukt enligt Havds önskemål, men även som inspiration under konceptutvecklingen av Volvo S90 limousines mittdörrspanel.

Fordonet som mittdörrspanelen ska tillverkas för att passa, Volvo S90, introducerades på bilsalongen i Detroit, NAIAS, i januari 2016 (Anna Andersson, 2015a). Modellen är Volvos variant av premiumsedan och personifierar den svenska versionen av modern lyx (Volvo, 2017). Modellen vars dörrspanel ska återanvändas, Volvo V90, lanserades strax därefter, i mars 2016, och är motsvarande kombimodell. Responsen har varit positiv och modellerna stod under februari 2017 tillsammans för den största andelen nyregistrerade bilar i Sverige med 1909 sålda exemplar. Volvo räknades tack vare detta som marknadsledande bilförsäljare i Sverige under februari med 21,4 procentandelar (Expressen, 2017).

4.1 Volvo V90: Bakdörrspanel

Nilsson Special Vehicles överflödiga paneler från Volvo V90 tillverkas och levereras av IAC Group till Volvo Cars i Torslanda. IAC tillverkar delvis komponenterna in-house, men köper också in delar externt; framförallt mindre detaljkomponenter och komponenter i annat material än plast.

Panelen tillverkas i flera utföranden men NSV:s överblivna paneler kommer i färgen Charcoal Black, en svart folieklädsel med mörkgrått tyg på carry overn samt dekorlist i borstat aluminium, se figur 4.1 och 4.2 nedan.



Figur 4.1. Överbliven panel från V90 i det utförande projektet ska utgå från.

Figur 4.2. Baksidan av en komplett panel i det utförande projektet ska utgå från. Författarnas egen bild.

4.1.1 Demontering

Vid demontering i Havds verkstad separerades 11 av V90-panelens mest distinkta delar från varandra för att kartlägga deras plats och funktion i produkten. Fler delar hade kunnat tas isär men detta ansågs inte relevant för demonteringen. De delar som monterades isär listas nedan tillsammans med sifferreferenser till relevant bild, se figur 4.3, 4.4 samt 4.5.

1. Waist rail
2. Dekorlist
3. Diskanthögtalargaller
4. Kablar
5. Armstöd
6. Bashögtalargaller
7. Inlägg i dörrfack
8. Nedre ram
9. Lampa
10. Handtag
11. Basplatta



Figur 4.3. Demonterade komponenter 1-9 från Volvo V90 bakdörrspanel.

Figur 4.4. Demonterade komponenter 10-11 från Volvo V90 bakdörrspanel.

Figur 4.5. Samtliga komponenter på en sammansatt Volvo V90 bakdörrspanel varav synliga komponenter är numrerade. Komponenterna 4, 7 och 9 syns ej i denna vy.

I samband med demonteringen infördes benämningen *Carry over*; en sammanfattande beteckning för basplattan och de komponenter som vilar på denna: Dekorlist, diskanthögtalargaller, armstöd, bashögtalargaller och handtag.

Demonteringen genomfördes av en verkstadsman tillsammans med en kollega från kontoret på ungefär två timmar, vilket är lång tid jämfört med arbete vid tidigare panelprojekt. Problem uppstod i flera skeden, bland annat eftersom delarna var monterade omlott och de olika plastdetaljerna var sammansvetsade. Detta resulterade i att många delar fick tvingas isär med våld och verktyg som stämjärn, mejslar, slipmaskin, hammare, bormaskin och tänger. Till följd av detta skadades komponenterna så mycket att berörda på Havd uttryckte stor oro för deras återbrukbarhet. Det enda som var fortsatt intakt efter demontering var dekorlisten, kablarna

samt lampan som hade fästs med clips, samt inlägget i dörrfacken som ligger löst. Verkstadspersonalen spekulerade om huruvida det skulle gå att reparera de plastskador som uppstått på övriga komponenter, men kom fram till att detta förmodligen skulle bli för omständligt. Den efterfrågade kvaliteten skulle inte kunna garanteras och proceduren skulle vara alldeles för tidskrävande. Dessutom uppstod synliga skador på visibla komponenter, exempelvis högtalargallren som Havd inte har möjlighet att varken reparera eller nyproducera. Om panelens komponenter och delsystem inte kan separeras utan att gå sönder fastställdes det att nya, omonterade delar behöver köpas in och sättas ihop från grunden i Havds egen verkstad.

4.1.2 Analys av delsystem och kundvärde

I detta kapitel redovisas panelens funktioner utifrån respektive delsystem, en uppskattning av hur väl kundbehovet uppfyllts samt en skattning av respektive delsystems resursförbrukning. Kundvärdets första aspekt, uppfyllande av kundbehov, har bedömts utifrån de båda företagens uttalade önskemål och krav. Den andra skattningen, resursförbrukning, har estimerats utifrån uppgifter om kostnad, tillverkningssvårigheter samt beräknad tidsåtgång som framkommit under studiebesök på IAC och vid genomförda intervjuer.

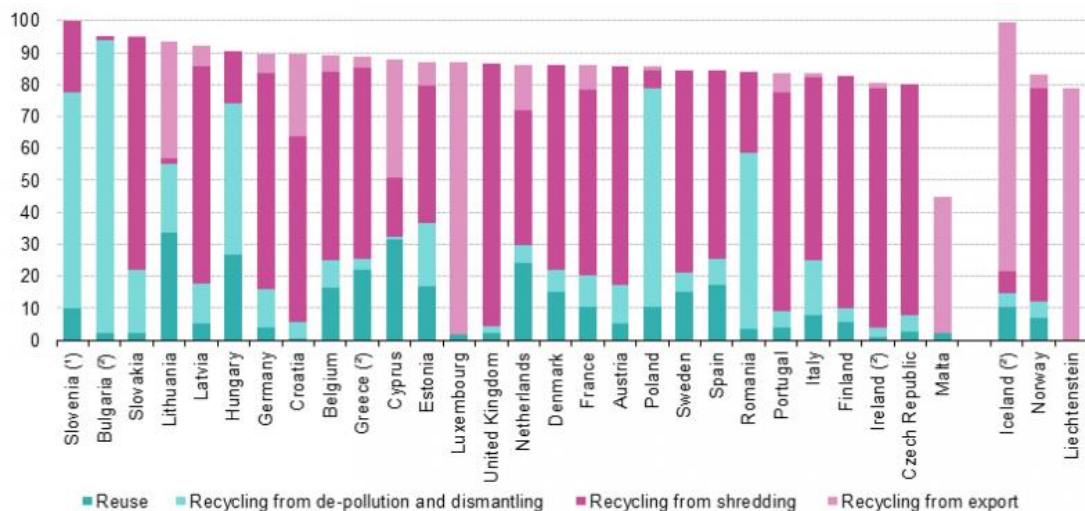
Viktningen finns att läsa i bilaga 4 där båda aspekter viktas från 1 (långt värde) till 5 (hög värde). Vidare kommenteras även de olika delsystemen för att ytterligare beskriva och förklara den skattning som gjorts.

Med hjälp av analysen kan delsystem med högt kundvärde urskiljas till kablar och carry over. Även waist rail, armstöd samt den nedre delen av ramen värderas ha höga funktionella värden. Slutligen kan dekorlisten, trots hög resursförbrukning i och med ett högt inköpspris (Per Stenfeldt, personlig kommunikation, 9 mars 2017) anses vital för ett framtida konceptförslag. Här väger nämligen det funktionella bidraget och tydliga kundönskemål tyngre än kostnadsfrågan.

Det kan konstateras att ovan nämnda delar, trots noterade problemområden, innehar så pass höga funktionella bidrag för kundvärdet att de bör bevaras vid kommande konceptgenerering. Resterande delsystem däremot, är inte så viktiga för varken uppdragsgivare eller kund och kan således elimineras alternativt ersättas eller integreras i någon annan komponent.

4.1.3 Miljöanalys och End of life

Detta kapitel är en miljöanalys av Volvo V90 bakkörspanel och hur denna i sitt originalutförande förväntas tas om hand vid sitt end of life. Eurostat, Europeiska Unionens statistikdatabas, har presenterat siffror över de vanligast förekommande avvecklingsmetoderna i ett antal EU-länder år 2014, se figur 4.6. Sett till denna statistik är Recycling from shredding den vanligast förekommande metoden, varför denna kommer vara utgångspunkt i detta kapitel.



(*) 2012 data.

(*) 2013 data.

Source: Eurostat (online data code: env_waselv)

Figur 4.6. "Reuse and recycling rates in percentage of total vehicle weight", statistik från år 2014 då shredding var den vanligaste avvecklingsmetoden bland de europeiska länderna. (Eurostat, 2017).

Recycling from shredding inleds vanligen genom att komponenter och material som anses återanvändbara demonteras från fordonet - detta kan gälla allt ifrån lyktor och motordelar till säten - varefter fordonet görs redo för fragmentering (Jody, Daniels, Duranceau, Pomykala och Spangenberg, 2010, s. 7). Detta sker antingen genom direkt strimlande där hela fordonet mals ner i småbitar, eller genom sammanpressning till en kub som fraktas vidare för hantering på annan plats. Småbitarna, bland annat bestående av kaross, plåt och olika metaller, sorteras sedan med hjälp av magneter. Vad som blir över är blandade fragment av en mängd olika material och ses som skräp eftersom ingenting mer kan återvinnas. Då resterna inte kan brännas på grund av de farliga emissionerna som förbränning skulle frigöra grävs skräpet istället ned alternativt dumpas ovan mark (How it's made, 2015). Vid analys av de olika materialen i mobilapplikationen Idemat utreds därför metallerna från end of life-kategorin avfallshantering och återvinning, medan övriga material utreds utifrån kategorin Deponi/Dumpning.

Ovan nämnda kategorier, tillsammans med panelens komponenter och material, är vad som ligger till grund för den koldioxidanalys som i sin helhet finns att läsa i bilaga 5. I de fall då fullständiga data inte kunnat tas fram har rimliga antaganden fått göras. Analysen har avgränsats till att endast utgå från materialdata och räknar inte in aspekter som frakt eftersom detta inte har kunnat kartläggas i tillräckligt stor utsträckning för att informationen ska vara tillförlitlig eller av värde. Analysen visar att Volvo V90 bakdörrspanel ger upphov till ett koldioxidutsläpp på 19 kg CO₂.

4.2 Volvo V90: Framdörrspanel

Då demonteringen av Volvos bakdörrspanel resulterade i många trasiga komponenter och då det visade sig att dessa potentiellt skulle behöva bytas ut mot extrainköpta nya delar öppnade sig möjligheten att köpa in delar även från Volvo V90 framdörrspanel, se figur 4.7. Merparten av framdörrspanelen är designad på samma sätt som bakdörrspanelen och uppbyggd av i stort sett likadana komponenter. Den största skillnaden finns i formen som hos framdörrspanalen är längre och mer lik den form som eftersträvas i limousinens mittdörr. En annan skillnad är att framdörrspanalen har ett diskant högtalargaller av det exklusiva märket Bowers & Wilkins (Pär Brandt, 2016), medan de disponibla bakdörrspanelerna har diskant högtalargaller i plast.



Figur 4.7. Volvo V90 framdörrspanel med det exklusiva diskant högtalargallret av märket Bowers & Wilkins (A2mac1, 2016).

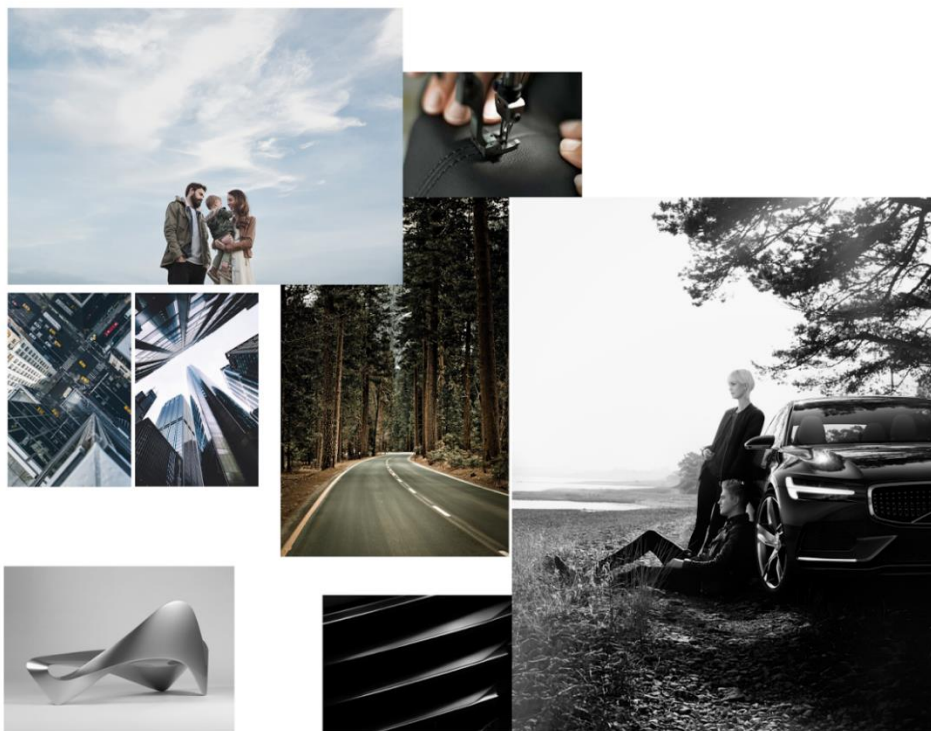
4.3 Formstudie

Under studiebesöket hos Nilsson Special Vehicles uttryckte företaget att de ställde särskilda estetiska krav på limousinens mittdörr: Dörrpanelen ska överensstämja med resterande design och inredning i limousinen och ska enligt Fredrik Nilsson, inköpschef på NSV, se ut som Volvo (personlig kommunikation, 7 februari 2017). Panelen kommer alltså behöva passa in med övrig interiör samt bygga på samma formspråk som övriga dörrpaneler i Volvo S90 limousine, det vill säga framdörrspanel och bakdörrspanel från Volvo S90 i originalutförande. Följande information i detta kapitel sammanfattar därför Volvos övergripande designspråk för att vidare användas som underlag i kommande designarbete.

Thomas Ingenlath, Senior Vice President design på Volvo Car Group, kommenterar Volvo S90 och berättar i en artikel på Car body design:

Our idea was to bring something entirely new to this rather conservative segment and deliver a visual expression that exudes leadership and confidence on the exterior. On the inside, we have taken the S90 to the next level, delivering a high-end luxury experience that promises comfort and control. (Ingenlath, 2015, utan sidnumrering)

Utifrån vad Ingenlath säger kan viktiga ledord under design och utveckling av Volvo S90 urskiljas vara *självssäkerhet, lyx, komfort och kontroll*. Dessa ledord ligger därför till grund för den sammanställda moodboarden i figur 4.8 som kommunicerar den stämning och känsla som alltså anses spegla Volvo S90 och som bör bevaras i ett slutkoncept av limousinepanelen. Moodboarden är visserligen subjektiv men är trots det ett viktigt underlag för framtida konceptgenerering och utvärdering.



Figur 4.8. Moodboard som återger Volvos ledord i känslor och sinnesstämning. Bilderna är hämtade i bildbanken Pinterest.

Inspiration till moodboarden har, förutom ledorden, baserats på det marknadsföringsmaterial Volvo distribuerat, exempelvis kampanjer och reklamfilmer. I företagets material projiceras Volvos bilar både i mörka, skandinaviska skogar och blinkande, livliga stadskärnor, och känslan i materialet skiftar från mystiskt och mörkt till framtida och tekniskt. I majoriteten av materialet visas familjekonstellationer och relationer samt vardagligheter såsom tidiga morgnar, fotbollsträningar och interagerande möten mellan kollegor. Det framgår att Volvo S90 är gjord av, och designad för, den vanliga människan och att företaget drar nytta av sitt svenska arv. Den känsla Volvo skapar genom zoomade sekvenser förmedlas i moodboarden genom den silvriga skulpturen tillsammans med de ljusare snitten i den svarta detaljbilden.

Något konkretare än moodboarden är projektets imageboard som istället för känslor visar konkreta bilder på Volvos formspråk och detaljer från relaterade produkter, se figur 4.9. I marknadsföringen fokuserar företaget på noga genomtänkt design och utmärkande detaljer: Linjer och möten visas upp i felfria renderingar med oklanderlig ytfinish och glans. Också den moderna strålkastaren, kallad Thors hammare (Anna Andersson, 2015b), som har getts mycket medialt utrymme och ses som en symbol för Volvos formspråk, återfinns här i både mood- och imageboard. I övrigt visar bilderna självsäkra, starka linjer och strömlinjeformer som väver samman olika komponenter och detaljer.



Figur 4.9. Imageboard som återger Volvos ledord i konkreta former, färger, material och uttryck. Bilderna är hämtade i bildbanken Pinterest.

5. KRAVSPECIFIKATION

Under arbetets gång har både Havd Group och Nilsson Special Vehicles uttryckt krav och önskemål på limousinens nya mittdörrspanel. Dessa krav och önskemål behandlar olika delar av produktutvecklingen och sträcker sig över områdena design, konstruktion, tillverkning samt montering. Kraven har kunnat urskiljas i samband med insamling av data, intervjuer och observationer av anställda med olika expertisområden och varierande inblandning i projektet. Havd ställde framförallt krav på tillverkning, medan NSV hade invändningar på slutproduktens estetik. För att göra tillverkningsprocessen hållbar ur ett ekologiskt perspektiv har även miljömässiga krav tillkommit. Nedan visas en sammanfattande kravlista med tillhörande kravtyp utefter kanomodellen, varefter kapitlet avslutas med en övergripande redogörelse för de mest framstående kraven.

Tabell 5.1. Sammanställd kravspecifikation. I kravtypens skattning står beteckningarna för följande: U, uttalade krav, B, baskrav och O, outtalade krav.

Krav	Typ	Målvärde
Tillverkning/montering		
Befintlig maskinpark	U	Tillverkning i Havds vakuumformningsmaskiner
Vakuumformningsverktyg	U	Tåla tillverkning av ca 100 komponenter/år
Släppvinklar	U	Minst 2° (Optimalt mer än 15°). Motverka verktygsslitage. Medge lossning från verktyg.
Radier	U	Inte mindre än 5 mm
Fästpunkter	B	Minst 6 st
Fästningsmekanism	B	Medge enkel åtkomst vid montering
Hörn	U	Undvik skarpa kanter och hörn för att komponenten ska kunna kläs med läder
Design		
Storlek & utformning	B	Passa den redan konstruerade dörrutsidan
Storlek & utformning	B	Anpassas till närliggande interiör
Formspråk	U	Enhetligt med övrig interiör. Likna övriga dörrpaneler i fordonet.
Uttryck	U	"Se ut som Volvo", design i enlighet med Volvos produktfamilj
Användarvänlighet	B	Bevara originalpanelens funktionalitet
Miljö		
Återanvändning	U	Ta vara på så många originalkomponenter som möjligt
Materialval	O	Minimera antalet olika material
Materialoptimering	U	Minimera spill vid tillverkning
Kemikalier	O	Undvika miljöfarliga material och substanser
Materialkombinationer	O	Undvika sammanfogning av delar i olika material. Underlättar demontering.
Materialmärkning	O	Använda material ska vara utmärkt på komponenterna
Återvinning	O	Spillplast ska skickas till återvinning för nedsmältning

Material för vakuumformning		
Materialval	B	Termoplast
Deformation	U	Liten vid belastning
Arktjocklek	U	Minst 2mm
Arkstorlek	U	Minst 300x300mm
Arkstorlek	U	Max 1000x1500mm
Mjukningspunkt	U	80-150C
Slipbarhet	U	Vara såg- och slipbart
Brandsäkerhet	U	Inte brinna mer än 8 cm på 1 min
Virginplast	U	För att kunna garantera kvalitet
Material för klädsel		
Formbarhet	U	Tillåta viss töjning
Ytskikt	U	Läderliknande
Ytskikt	U	Motstå yttre slitage

Då examensarbetets syfte är att ta fram en förstudie för vidare utveckling av S90-limousinens mittdörrspanel har fokus hela tiden legat på ett realiserbart konceptförslag som är möjligt att bygga vidare på. Särskilt viktiga avgränsningar har därför behövt tas i beaktande, såsom nuvarande maskinpark på Havd, i vilken en framtida panel kommer tillverkas. Den förstudie examensarbetet utgörs av skall kunna implementeras i både Havds och NSV:s verksamhet utan större svårigheter.

Vid demonteringen av dörrpanelen framkom ytterligare ett krav som kom att bli väsentligt i det vidare arbetet: På grund av delarnas deformation kunde det fastställas att separata delar skulle bli tvungna att köpas in externt för att sedan monteras in-house av Havds personal. Detta ställer krav på både leverantör och monterings teknik.

Ett krav som NSV nämnt ett flertal gånger var av estetisk karaktär och uttryckte önskemål om en likhet med Volvos övriga produktkatalog och företagsuttryck. Detta är något som är svårt att kravsätta då uppfattningen av likhet mellan olika produkter är subjektiv, varför en jämförelse med mood- och imageboard fungerar som avstämning för just detta krav. NSV tryckte även på att panelen måste anpassas för att passa den dörr den ska monteras på. I CAD-underlaget som erhöles är ytermåtten absoluta och kan inte ändras, medan fästpunkterna på panelens baksida är flexibla.

Dessutom beslutade NSV att ta bort fönsterhissfunktionen i mittdörren, vilket medför att motsvarande knappsats önskas tas bort, ett slags icke-krav på knappsatsen och ett krav på någon typ av ersättningskomponent.

6. MATERIAL OCH TILLVERKNING

Inom fordonsindustrin är vanligt förekommande tillverkningsmetoder vakuumformning och formsprutning (Björn Hedenberg, personlig kommunikation, 7 februari 2017). Hos Havad används metoden vakuumformning och eftersom företaget inte har maskiner för någon annan form av tillverkning och inte heller har planer på att införskaffa sådana har inte andra metoder undersökts.

6.1 Vakuumformning

Enligt Formech International Ltd. (u.å) är vakuumformning en av de äldsta och mest förekommande metoderna för att forma plastkomponenter. För metoden krävs en vakuumformningsmaskin, ett plastark och ett formverktyg som vanligen tillverkas i uriol för lågvolymproduktion eller i aluminium för högvolymproduktion (Formech, u.å).

Formningsmetoden kan enligt Formech delas in i sex övergripande steg, se figur 6.1. Plasten som används är en termoplast som i form av ett kallt plastark placeras i maskinen där det värms upp av vanligen ett eller två värmeelement. När arket värmts upp höjs en form upp och trycker arket uppåt varefter ett undertryck suger den nu böjliga plasten ner och formar denna tätt runt formen. Då plasten svalnat används en omvänd luftström för att frigöra plasten från formen och komponenten kan klippas till sin slutgiltiga form (Formech, u.å). Processen och de 6 stegen beskrivs tillsammans med bilder mer ingående nedan.

Steg 0 och 1: Fastsättning

För att fästa termoplasten finns en ram som kan anpassas efter olika materialtjocklekar och som klämmer fast arket i maskinen. Under arket finns ett formverktyg med hål i som kommer tillåta arket att vakuumformas kring formen.

Steg 2: Uppvärmning

Med hjälp av infraröda element kan arket hettas upp till sin plasticeringstemperatur. Det viktigaste i det här steget är att uppvärmningen sker jämnt över hela arket.

Steg 3: Arkets nivå justeras

I uppvärmningsprocessen kan det uppstå svackor i arket vilket kan leda till att materialet hamnar för nära värmesensorerna. Tack vare en fotoelektrisk stråle kan svackor dock upptäckas i tid: När plasten hamnar för nära strålen kan materialet på utsatta platser lyftas upp med hjälp av en riktad luftström och på så vis förhindras att plasten sackar ihop.

Steg 4: Sträckning

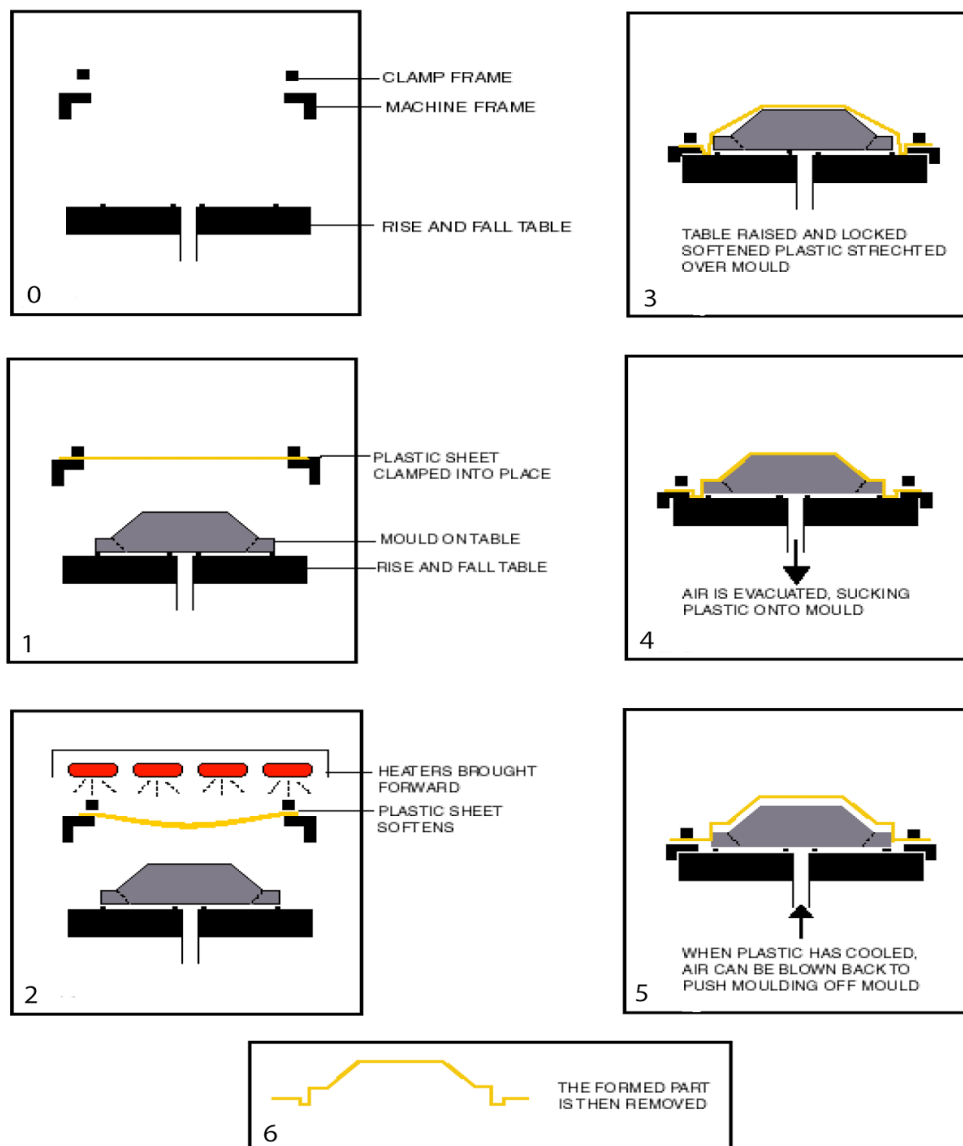
För att säkerställa att arket bibehåller en jämn tjocklek vid själva vakuumformningen genomförs en så kallad pre-stretch när arket nått sin plasticeringstemperatur. Detta innebär att arket blåses upp av luft som kommer underifrån och spänner upp plasten i en bubbla där dess tjocklek jämnas ut av trycket.

Steg 5: Vakuum

När sträckningen är genomförd höjs en form in under det uppspända arket varefter luften i sträckningsbubblan sugs ut med hjälp av vakuum. Detta tvingar arket nedåt som sluter tätt kring formen under och gör att plasten får dess form.

Steg 6: Lossning

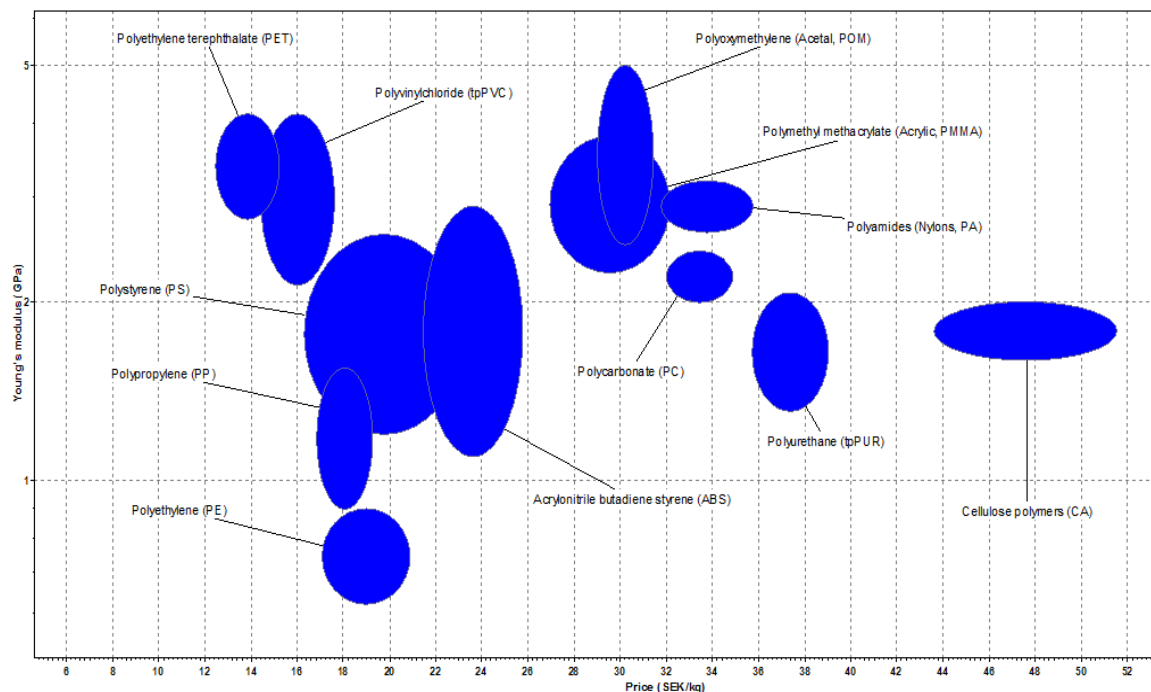
Plasten tillåts avsvälva och kan tas bort från formen. Om plasten frigörs för snabbt kan deformation inträffa och det är därför mycket viktigt att materialet svalnar helt innan separation från formen sker. Processen kan snabbas upp med hjälp av fläktar eller genom att munstycken kopplas in och täcker plasten i en kall vattendimma. Det avslutande steget sker när plasten kylts ner så pass att den kan separeras från formen och kan skickas vidare för att klippas till slutgiltig form.



Figur 6.1. Vakuumformning i sex övergripande steg, inklusive en illustration över processens startläge; steg 0 (Formech, u.å).

6.2 Plast

Enligt Universal Plastics (2014) kan alla termoplaster i form av ark eller rullar hettas upp för att formas och lämpar sig alltså för vakuumformning. Detta ställer sig i kontrast till hårdplaster som inte kan formas om genom upphettning. På så vis är termoplasterna mycket mer anpassningsbara och enklare att återvinna och återanvända. Kritiska egenskaper för vakuumformning är god formbarhet vid uppvärmning, kemisk beständighet, hög styvhet vid avsvälning, liten deformation vid belastning, hög dimensionsstabilitet och god ytfinish (Universal Plastics, 2014). Figur 6.2 nedan är ett bubbeldiagram från CES Edupack visande relevanta termoplaster sett till pris och Young's modulus; förhållandet mellan mekanisk spänning och deformation (Wikipedia, 2015).



Figur 6.2. Diagram över termoplaster av relevans i projektet sett till pris och spänning i förhållande till deformation (Granta Design Ltd, 2016).

De termoplaster som ansågs ligga inom ramen för projektarbetet och fylla framkomna krav undersöktes varefter valet föll på Acrylonitrile Butadiene Styrene, ABS, det material som Havd idag använder vid vakuumformning in-house. Denna termoplast blev därför utgångspunkt i samtliga kommande koncept och det material som slutkonceptet kommer tillverkas i. För att läsa om övriga material som ingick i urvalet, se bilaga 6.

6.2.1 ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene

I samband med tidigare panelprojekt har Havd använt den amorfa termoplasten ABS - en sampolymer uppbyggd av olika monomerer. Dessa ingående monomerer har bevisade allergi- och cancerframkallande egenskaper (Naturskyddsföreningen, 2017) och är dessutom giftiga för vattenlevande organismer. Trots detta räknas plasten som ofarlig eftersom monomererna är hårt bundna till varandra. ABS är en av de plaster som har bäst etablerade återvinningsströmmar

och återvinns i hög utsträckning både i Sverige och utomlands (Flink, 2017). Hos Havd används dock inte återvunnen ABS eftersom kvalitetskrav avgränsat användningen till virginplast, se kravspecifikation.

ABS lämpar sig väldigt bra till vakuumformning då den inte har en specifik kritisk temperatur vid vilken den når sin glasövergångstemperatur, blir böjlig och måste formas (Formech, u.å). Detta ger större frihet i vakuumformningen i jämförelse med många andra plaster. Då temperaturen ökar hos ABS-plasten, och når 88–120°C, uppnås plastisk formbarhet, ett stadie då plasten går att formmanipulera. Temperaturintervallet är stort i jämförelse med många andra plaster (Innovations- och kemiindustrierna i Sverige, 2013). Ytterligare någonting som gör att ABS lämpar sig för just vakuumformning är dess låga krymphastighet på endast 0.1–0.3%, vilket underlättar lossning från formverktyget och minimerar slitage på verktyget (Creative Mechanisms, 2016).

6.3 Klädsel

De plastkomponenter som kommer tillverkas genom vakuumformningen kommer bli relativt stora och fungera som den formjustering som krävs för att panelen ska få rätt storlek och form. För att uppnå en jämn, snygg ytfinish krävs att dessa plastdetaljer kläs i ett material med vissa egenskaper: Framförallt krävs att materialet är lätthanterligt med hög formbarhet samt en yta med rätt utseende, som dessutom är funktionell att nyttja i ett fordon. För Volvo S90 limousine innebär detta ett ytmateriel med premiumkänsla och läderutseende, menar Fredrik Nilsson på NSV (personlig kommunikation, 7 februari 2017). Materialvalet beror på uppfyllnaden av dessa krav, samt på pris och tillgänglig teknik.

6.3.1 Läder

Läder är ett vanligt förekommande material i fordonsinteriör och används ofta i bilar kategoriserade som premium. Lädret används många gånger på säten och klädseln benämns då som skinnklädsel. Naturmaterialet påträffas även allt oftare på dörrpaneler och instrumentbrädor, så även i Volvos nyare modeller. Alla ytor på Volvos nya modeller och deras paneler är dock inte läderbekladda, något som framkom under studiebesök på IAC, utan dessa har istället bitvis klätts med en läderliknande vinyl som lämpar sig betydligt bättre vid högvolymsproduktion. Anledningen till detta är att folien kan formas på plats med hjälp av en automatiserad kascheringsmaskin, medan läder måste hanteras för hand. Vid klädsel av fordonsinteriör krävs, enligt Alexandra Eriksson, sömmerska på Havd, läder av hög kvalitet. Därför är det främst första sorteringens skinn som används, alternativt andra sorteringens skinn, med reservation för att eventuella skador i materialet måste kringgås.

Det läder Havd använder vid panelklädsel in-house är av varierande ursprung men kommer i de flesta fall från Italien, Danmark eller Sverige (Alexandra Eriksson, personlig kommunikation, 20 april 2017). Ursprunget varierar dock beroende på tillgång och efterfrågan, samt på leverantörerna, men gemensamt för samtliga leveranser är att de utgörs av skinn från nötkreatur som i snitt kostar 1600 kr/m². Varje hud är ca 4,5–5,0 m². Klädsel med läder kan

uträttas för hand av fackmän inom sömnad och beklädnad, och är den enda typen av beklädnad som Havd i dagsläget har resurser och möjlighet att utföra in-house.

6.3.2 Vinyl

Som ett alternativ till läder kan fordonsinteriör kläs i det konstgjorda materialet vinyl. Den vinyl som används vid fordonsbeklädnad är baserad på plasten PVC (Nationalencyklopedin, 2017b), och lämpar sig enligt Eriksson (personlig kommunikation, 20 april 2017) bäst för högvolymsproduktion eftersom detta kräver en automatiserad kascheringsmaskin. Vinylens styrka gentemot läder ligger i dess låga pris, att processen kan automatiseras och i att ytan är fri från defekter och variationer. På grund av att materialet kräver en kascheringsmaskin och att Havd inte har en sådan tillgänglig är vinyl dock inte aktuellt vid konstruktion av just Volvo S90 limousine och dess mittdörrspaneler, men kan komma att bli aktuellt vid framtida projekt på Havd om en maskin tas i bruk.

7. KONCEPTGENERERING: FAS 1

I arbetets idé- och konceptgenereringsfas formulerades en mängd olika förslag på hur Volvo V90 bakdörrspanel kunde förlängas enligt Nilsson Special Vehicles önskemål för att passa som limousinepanel. De problem som försvårade arbetet och som hänsyn var tvunget att tas till var först och främst V90-panelens storlek och dess form som var helt annan än det önskade slutresultatet: Waist railen skulle behöva förlängas eller ersättas av en helt annan komponent vilket riskerade att störa den enhetliga designen mellan fram-, bak- och mittdörr. Ytterligare ett problem låg i att demonteringen av bakdörrspanelen lett till att komponenterna blev för trasiga för att använda och det kunde fastställas att en stor majoritet av alla delar skulle bli tvungna att köpas in nya och omonterade. Detta ledde dock till att det var möjligt att även undersöka möjligheten att använda komponenter från en framdörrspanel. Detta ansågs positivt då framdörrspanelens form passar limousinedörren bättre än vad en bakdörrspanel gör, samt att dess waist rail är längre och eventuellt inte skulle behöva förlängas.

Det fanns dock också hinder i användandet av framdörrskomponenter i form av exempelvis ett exklusivt högtalargaller från Bowers & Wilkins. Att köpa in galler av den exklusiva varianten ligger utanför NSV:s budget och ett uteblivet högtalargaller skulle innebära ytterligare en yta att täcka över, förslagsvis med plast, vilket eventuellt skulle kunna äventyra kravet på en enhetlig design. Någoting annat som talade för att utgå från en bakdörrspanel istället för en framdörrspanel var Havds tidigare arbete med och erfarenhet av förlängning av just bakdörrspaneler.

Den inledande genereringen ledde fram till nio mer genomarbetade koncept, vilka finns att studera i bilaga 7. Av dessa presenteras nedan fem koncept som representerar för den övergripande idébredden utifrån analys av kategorierna *plus*, *minus* och *intressant*. De utvalda koncepten är namngavs 1, 2, 3, 4, och 5 och presenteras vidare i kapitel 7.1 nedan.

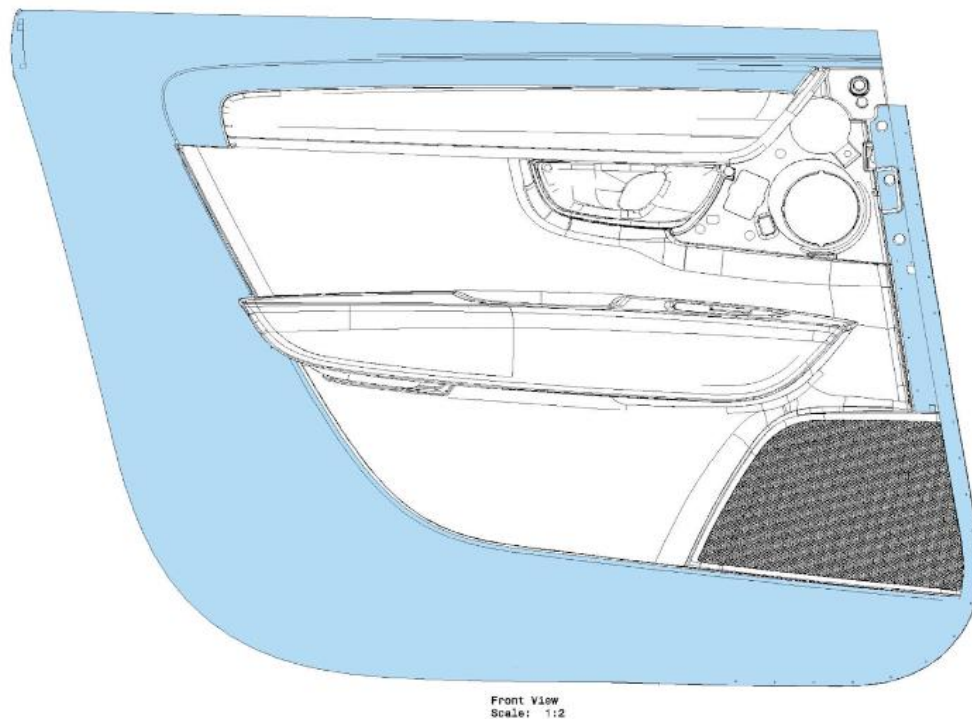
7.1 Koncepturval

Här presenteras de fem koncept som valdes ut vid det första urvalet. Varje koncept är kompletterat med en kort beskrivning samt en PMI-analys. Alla illustrationer visar limousinepanelens korrekta förlängda form och är färgkodade enligt följande:

- *Vitt*: inköpta eller återanvända originaldelar från Volvo V90 bakdörrspanel
- *Gult*: Komponent hämtad från Volvo V90 framdörrspanel
- *Blått*: Nyttillverkad ram
- *Grönt*: Nyttillverkad waist rail

7.1.1 Koncept 1

En enda komponent tillverkas, likt referensprojektet Volvo V70 limousine, sträcker sig runt carry overn och ersätter både waist rail och ram. Förlängning och formjustering sker bakåt.



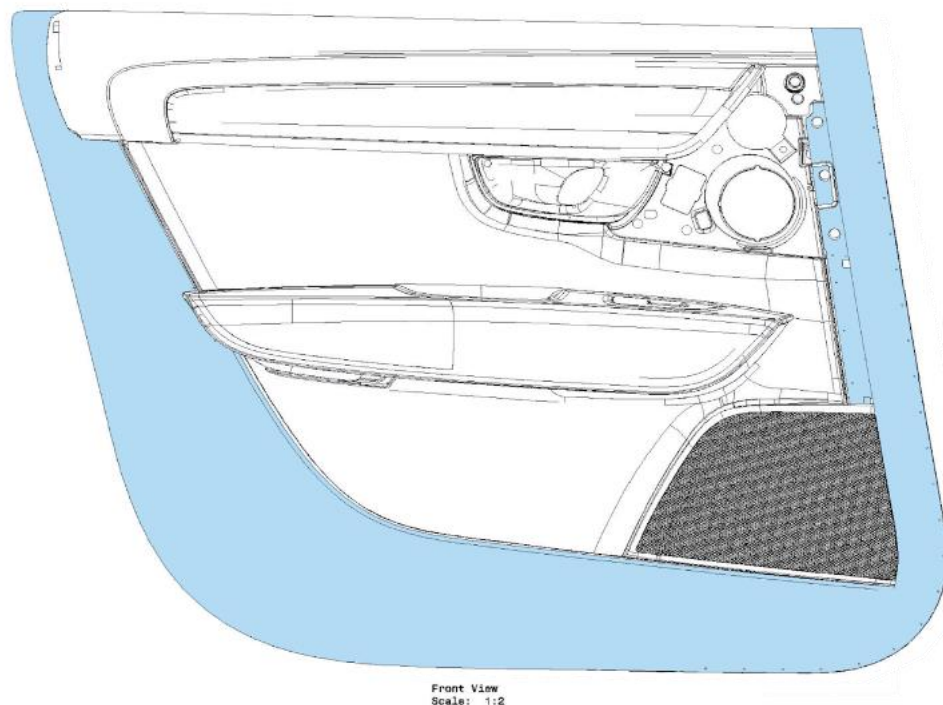
Figur 7.1. Illustration av koncept 1 med nytillverkad ram (färgkod blå) samt inköpta eller återanvända originaldelar från Volvo V90 bakdörrspanel (färgkod vit).

Tabell 7.1. Utvärdering av koncept 1 utifrån PMI-metoden.

<i>Plus</i>	• Endast en komponent att tillverka • Likt referensprojekt - lärdom och kunskap finns. • Passagerarens blick hamnar på originaldetaljerna
<i>Minus</i>	• Olik de andra dörrpanelerna p.g.a. borttagen waist rail • Svårt att skapa möte mellan nytillverkad komponent och dekorlist
<i>Intressant</i>	• Oklart om monteringen är möjlig • Flexibel placering av förlängning

7.1.2 Koncept 2

Waist railen från originalpanelen behålls medan en ram, förlängd på båda sidor om carry overn, tillverkas med formjustering i bakkant (till vänster i bild).



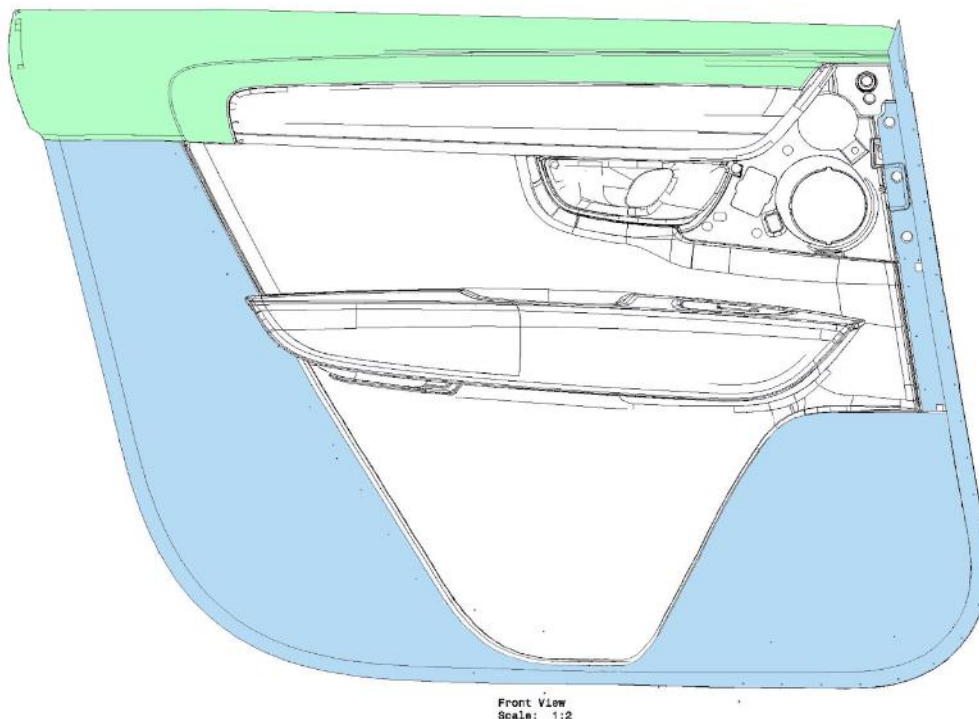
Figur 7.2. Illustration av koncept 2 med nytillverkad ram (färgkod blå) samt inköpta eller återanvända originaldelar från Volvo V90 bakdörrspanel (färgkod vit).

Tabell 7.2. Utvärdering av koncept 2 utifrån PMI-metoden.

<i>Plus</i>	• Endast en komponent att tillverka • Waist railen behålls
<i>Minus</i>	• Svårt att matcha waist railen mot förlängningen • Två ändar att förhålla sig till - två möten att skapa
<i>Intressant</i>	• Waist railen finns kvar men måste kompletteras - blir detta enhetligt eller stör det snarare designen?

7.1.3 Koncept 3

Nyttillverkad, längre waist rail och ny ram med förlängning och formjustering bakåt, förvaringsfack och högtalargaller tas bort för att minimera antalet nyinköpta komponenter.



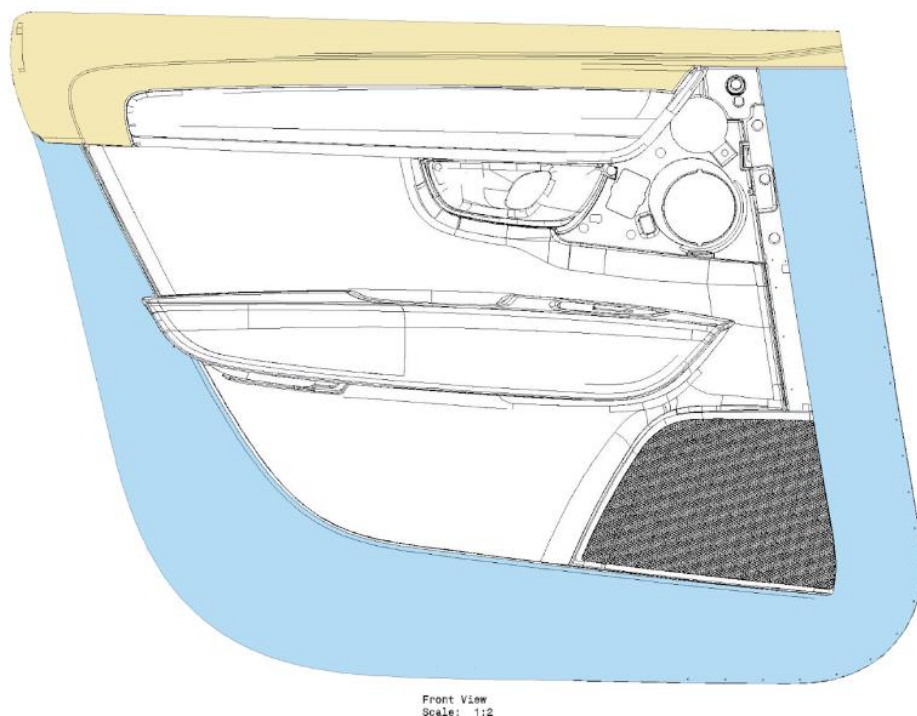
Figur 7.3. Illustration av koncept 3 med nyttillverkad ram (färgkod blå), inköpta eller återanvända originaldelar från Volvo V90 bakdörrspanel (färgkod vit) samt nyttillverkad waist rail (färgkod grön).

Tabell 7.3. Utvärdering av koncept 3 utifrån PMI-metoden.

<i>Plus</i>	• En komponent mindre att köpa in (högtalargaller) • Minskar materialåtgång för nyttillverkad komponent
<i>Minus</i>	• Olik de andra dörrpanelerna p.g.a. borttaget förvaringsfack • Olik de andra dörrpanelerna p.g.a. nyttillverkad waist rail • Två komponenter att tillverka
<i>Intressant</i>	• Oklart om waist railen är tillverkningsbar • Risk att klädselskarv syns • Waist railen är något annorlunda övriga paneler, men den är ändå där. Enhetligt eller störande?

7.1.4 Koncept 4

Den längre waist railen från V90 framdörrspanel anpassas och ersätter den ursprungliga. Ramen formjusteras i bakkant (till vänster i bild) och förlängs i framkant (till höger i bild).



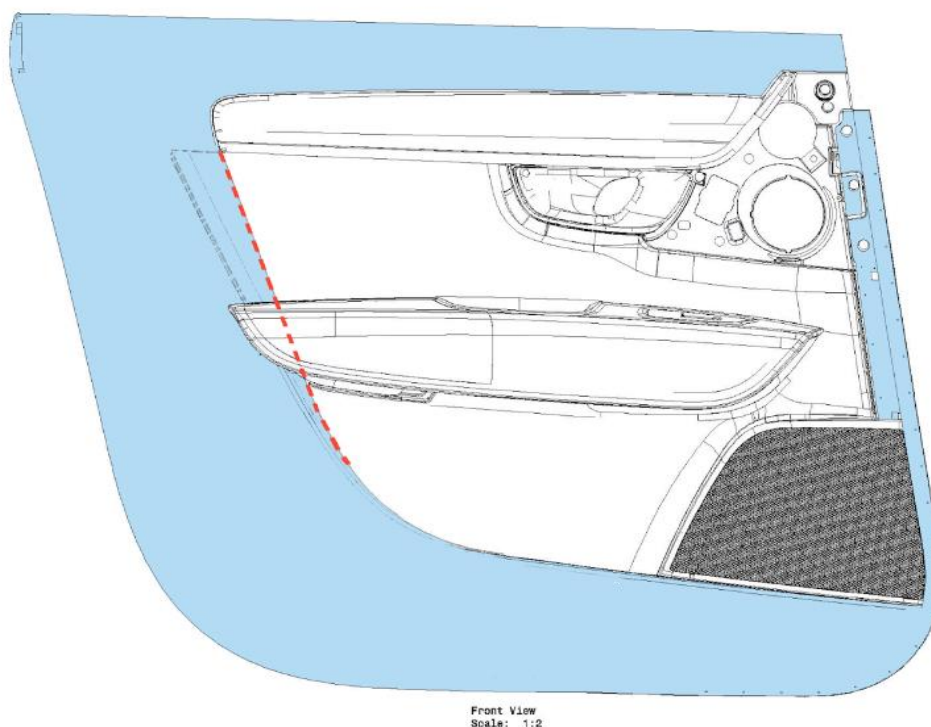
Figur 7.4. Illustration av koncept 4 med nytillverkad ram (färgkod blå), inköpta eller återanvända originaldelar från Volvo V90 bakdörrspanel (färgkod vit) samt inköpt waist rail från Volvo V90 framdörrspanel.

Tabell 7.4. Utvärdering av koncept 4 utifrån PMI-metoden.

<i>Plus</i>	• Enhetlig waist rail utan skarvar • Endast en komponent att tillverka • Konceptet likt övriga dörrpaneler i och med original-waist rail
<i>Minus</i>	• Passagerarens blick hamnar på fel del = förlängningen och inte originaldetaljerna • Infästningarna på waist railens baksida är inte anpassade till bakdörrspanelen
<i>Intressant</i>	• Mixar både fram- och bakdörrspanel • Hur bra passar framdörrspanelens waist rail med bakdörrspanelen? • Går det att göra?

7.1.5 Koncept 5

Likt koncept 1 tillverkas en enda komponent som ersätter både waist rail och ram. Carry-overn sågas i bakkant (till vänster i bild) för att skapa en mer enhetlig design, se röd markering.



Figur 7.5. Illustration av koncept 5 med nytillverkad ram (färgkod blå), inköpta eller återanvända originaldelar från Volvo V90 bakdörrspanel (färgkod vit) samt med rödmarkerad linje där carry over och armstöd skulle behöva kapas.

Tabell 7.5. Utvärdering av koncept 5 utifrån PMI-metoden.

Plus	• Likt referensprojekt - lärdom och kunskap finns. • Enhetlig i och med rundad form • Passagerarfokus hamnar på originaldetaljerna
Minus	• Olik de andra dörrpanelerna pga. borttagen waist rail • Extra arbete i och med sågning av carry over • Armstödet utsträckning på nytillverkad komponent kan upplevas konstlat och onaturligt
Intressant	• Oklart om konceptet är tillverkningsbart

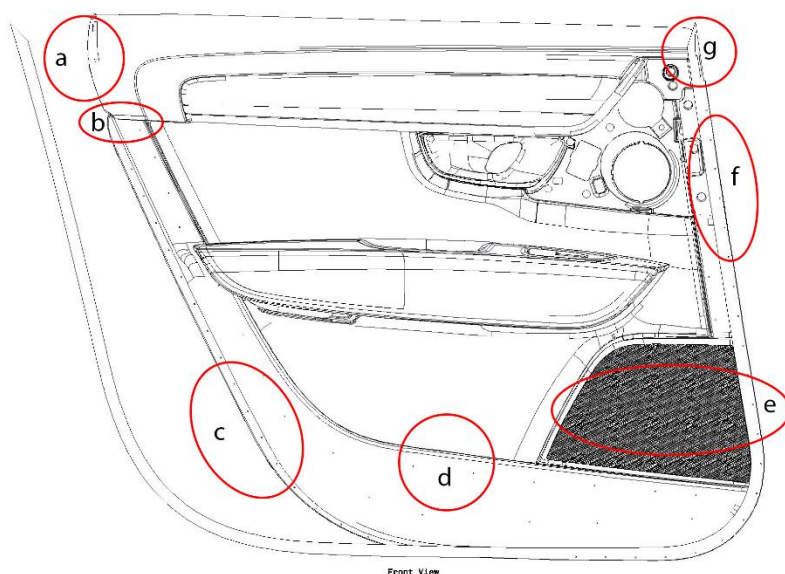
7.2 Avstämning med Havd Group och Nilsson Special Vehicles

Vid en workshop med Havd och NSV presenterades de olika koncepten och för- och nackdelar diskuterades för att enas om ett koncept att gå vidare med. NSV:s val föll på koncept 1 med en enda nytillverkad komponent som sträcker sig runt carry overn. Motiveringen var att de ansåg att detta mest liknade deras tidigare arbete med Volvo V70 limousine och uppskattade att det skulle bli enklast att tillverka och montera en sådan komponent. För att inte låsas vid en lösning och gå händelserna i förväg gjordes dock valet att inte acceptera NSV:s val rakt av. Istället utvärderades koncepten vidare och analyserades för att se över utvecklingspotential innan ett beslut fattades. Denna vidare analys finns att läsa i kapitel 7.3 nedan.

7.3 Korsbefruktning av koncept

Efter den inledande konceptgenereringen kunde sju fokusområden identifieras som extra viktiga vid vidareutveckling av den nya panelen. Dessa spelade alla stor roll i framställningen av tidigare presenterade koncept 1, 2, 3, 4 och 5, och därför gjordes valet att utvärdera dessa områden mer. Målet var att utifrån områdena och med hjälp av en morfologisk matris ta fram det teoretiskt bästa konceptet och utvärdera detta gentemot det koncept som NSV valt; koncept 1. Fokusområdena tilldelades för enkelhetens skull en bokstav från a till g, märktes ur i figur 7.6 och presenteras här i listform:

- a. Utformning av waist rail i bakkant (till vänster i bild)
- b. Möte mellan waist rail och ram i bakkant (till vänster i bild)
- c. Formjustering av ram i bakkant (till vänster i bild)
- d. Förvaringsfack
- e. Bashögtalargaller
- f. Ramens form i framkant (till höger i bild)
- g. Utformning av waist rail i framkant (till höger i bild)



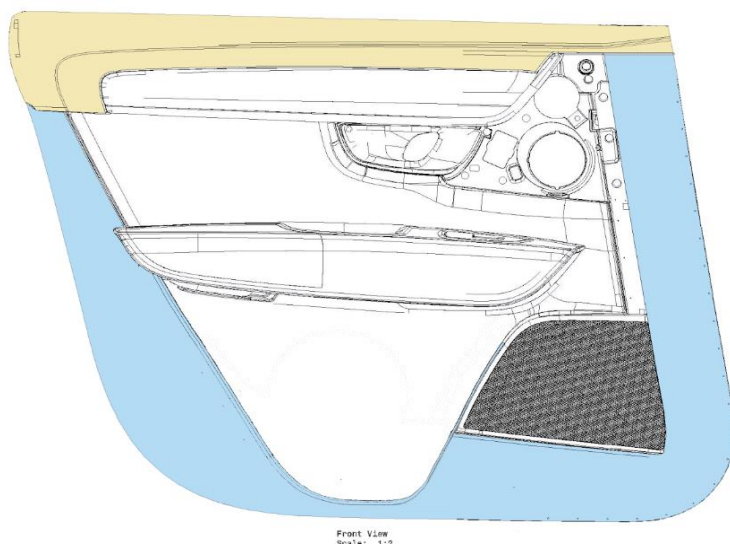
Figur 7.6. Illustration av V90:s baddörrspanel tillsammans med den systemgräns som den nya limousinedörren kommer ha.

I den morfologiska matrisen nedan presenteras hur de fem koncepten (1, 2, 3, 4 och 5) från kapitel 7.1 löser respektive inringat fokusområde. För att ta fram den teoretiskt optimala lösningen valdes den mest intressanta lösningen ut från respektive koncept och fokusområde och markerades sedan i matrisen nedan, se tabell 7.6.

Tabell 7.6. Morfologisk matris med markering på de lösningar av respektive fokusområden som upplevdes intressantast.

	Beskrivning	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3	Koncept 4	Koncept 5
a	<i>Utformning av waist rail, bakkant.</i>	-	Original	Förlängd bakåt	Original (framdörr)	-
b	<i>Möte mellan waist rail och ram, bakkant.</i>	Inget möte (en detalj)	Möts på två sidor	Möts på en sida	Möts på en sida	Inget möte (en detalj)
c	<i>Formjustering av ram, bakkant.</i>	Förlängd bakåt	Förlängd bakåt	Förlängd bakåt	Formjusterad bakåt	Förlängd bakåt
d	<i>Förvaringsfack.</i>	Enl. original	Enl. original	-	Enl. original	Enl. original
e	<i>Bashögtalargaller.</i>	Original	Original	Ersatt m. plast	Original	Original
f	<i>Ram, framkant.</i>	Enl. original	Förlängd framåt	Enl. original	Förlängd	Enl. original
g	<i>Utformning av waist rail, framkant</i>	-	Enl. original	Enl. original	Original (framdörr)	-

Konceptet som blev resultatet av den morfologiska matrisen presenteras nedan i figur 7.7: Frampanelens waist rail har återanvänts och förvaringsfacket är borttaget varför panelen är mycket lik koncept 4. Waist railen fick vid delsystemens kundvärdesanalys, se bilaga 4, hög skattning, mycket på grund av att det påverkar interiörens enhetlighet samt på grund av att waist railen hamnar i passagerarens blickfång. Att bibehålla en waist rail är därför en nyckelfaktor i det teoretiskt optimala konceptet. I övrigt ligger den mest utmärkande delen i att förvaringsfacket är borttaget och att förlängningen av ramen endast skett i framkant (till höger i bild).



Figur 7.7. Illustration av den teoretiska, första lösningen.

7.4 Konceptval för vidareutveckling

För att så systematiskt som möjligt utvärdera resultatet av den morfologiska matrisen gentemot det av NSV prefererade koncept 1 ställdes en Pughmatris upp, se tabell 7.7. Utefter nio viktiga kriterier, uttalade av både NSV och Havd, skattades koncepten mellan 1 (nej) och 5 (ja) där 5 är högsta möjliga poäng.

Tabell 7.7. Skattning utifrån kritiska kriterier av koncept 1 och den teoretiskt optimala lösningen.

Kriterier	Koncept 1 (Kap 7.1.1)	Teoretisk lösning (Kap. 7.3)
Enkel tillverkning?	3	3
Enkel montering?	3	3
Fördelaktig hantering?	2	4
Enkel implementering?	4	2
Designsimplicitet?	4	3
Låg kostnad?	3	4
Likhet med övriga dörrar?	2	5
Inköp av få komponenter?	4	3
Företagserfarenhet?	5	2
Möjlighet för felfri tillverkning?	5	3
Summa	35	32

Den sammanlagda summan av skattningen klargjorde att NSV:s prefererade koncept 1 uppfyllde kriterierna bäst och var att föredra vid urvalet av koncept i fas 1. Med tanke på att kriterierna satts av Havd och NSV och det ena konceptet var deras egen favorit är matrisens utfall inte anmärkningsvärt.

Konceptet som framkom ur den morfologiska matrisen är dock också intressant med höga poäng på kritiska kriterier. Framförallt är likheten med övriga paneler extra anmärkningsvärd då detta vid ett flertal gånger tagits upp som ett centralt krav i utformningen av mittdörrspanelen - och på just den här punkten får NSV:s prefererade koncept 1 väldigt låga poäng. En separat waist rail leder till en enhetlighet som bedöms bli svår att uppnå om komponenten slås ihop med underliggande ram. Trots detta menar NSV på att även koncept 1 kan nå upp till liknande skattning med hjälp av väl avvägda beslut i nästa del av konceptgenereringen.

Ett annat kriterium som enklare uppfylls med den teoretiska lösningen är det som berör kostnad. Viktigt att påpeka är dock att skattningen kring kostnad endast är en uppskattning baserad på antal och typ av delar som behöver köpas in respektive motsvarande kostnad för in-houseproduktion. Den approximation det fanns möjlighet och resurser att genomföra visar dock på lägre kostnader för den teoretiskt sammanställda lösningen. Detta koncept medför dock undermålig uppfyllnad av flertalet andra kriterier: Konceptet är exempelvis olik tidigare projekt, medför oklarheter och skulle kräva nya rutiner vid inköp, konstruktion, tillverkning samt montering. Det vill säga vid den övergripande implementeringen i verksamheten varför det i dagens läge upplevs riskabelt att gå vidare med ett koncept som återanvänder en waist rail från Volvo V90 framdörrspanel.

Sammanfattningsvis ses koncept 1 som ett säkrare alternativ utan större frågetecken och lämpar sig bättre för att vidareutveckla sett till projektets omfattning och befintliga resurser. Med hänsyn till detta, Pughmatrisens resultat samt input från NSV och Havd valdes koncept 1 ut för ytterligare vidareutveckling och konceptgenerering på detaljnivå.

8. KONCEPTGENERERING: FAS 2

Konceptgenereringens andra fas utgick från koncept 1 som alltså bygger på att tillverka en enda ny plastkomponent som sträcker sig runt carry overn. I vidareutvecklingen av konceptet påträffades ett i synnerhet stort problemområde; det område på originalpanelen där waist rail, ram och carry over möter varandra. Det fanns här oklarheter kring mötets utformning sett till vinklar, linjer och skarvar, samt möte med armstödet. Därför fokuserar den andra fasen på just detta möte och panelens främre del hållas oförändrad gentemot originalpanelen.

Idégenereringen ledde till fyra vidareutvecklingar av koncept 1 som alla fokuserar på det problematiska mötet: Koncept A & B, koncept C samt koncept D. Dessa illustreras nedan på Volvo V90 bakdörrspanel med hjälp av svart modellera och har också utvärderats utefter PMI-metoden av avdelningarna vakuumformning, klädsel samt montering på Havd. Där avstämningen inte lett fram till någonting har aktuell ruta lämnats tom.

8.1 Koncept A & B

Koncept A och B, se figur 8.1 och 8.2, bygger på samma idé och spinner vidare på originalpanelens utformning där den enda stora förändringen är att panelens form ändras för att passa den nya limousinedörren. Vad som skiljer koncepten åt är endast hur många nya delar som tillverkas: Koncept A är i enlighet med NSV:s önskan i en enda del medan Koncept B behåller den delning som i originalutförandet finns mellan waist rail och ram.

Förlängning i bakkant (till vänster i bild) kommer båda koncepten undergå, vilken kan utformas på två sätt: Antingen följer man de befintliga lutningarna hos carry over och ram, vilket skulle leda till att dessa sakta smälter ihop till samma nivå. Detta eftersom carry overn på originalpanelen avslutas med lätt lutning uppåt, medan ramen fortsätter plant. En alternativ lösning är att carry overn slipas ner från armstödet och uppåt, liknande koncept 9, så att lutning försvinner. Detta medger att den nytillverkade ramen kan tillverkas med valfri lutning, oberoende av carry overn, och ramens två nivåer skulle kunna tillverkas utan någon lutning alls och löpa parallellt, se figur 8.2.



Figur 8.1. Koncept A och B. Från denna vy uppfattas koncepten som i stort sett identiska. Författarnas egen bild.

Figur 8.2: Koncept A och B illustrerade i modelleringsprogrammet Catia V5 med fokus på mötet mellan waist rail, ram och armstöd och förlängning.

8.1.1 Koncept A: En del

Koncept A bygger på Havd och NSV:s valda koncept 1 i avseende att allt nytt tillverkas i en enda komponent. Precis som tidigare redovisat i kommer carry overn och alla komponenter som inkluderas i denna köpas in separat i original och monteras enligt ursprunglig design. Nytt är att ramen och waist railen i detta koncept alltså sitter ihop enligt NSV:s önskan, se figur 8.3, men till skillnad från koncept 1 kommer den visuella brytningen mellan de två delarna att finnas kvar i horisontalled, se figur 8.4. Denna brytning och skillnaden i djupled ger illusionen av att det fortfarande finns en waist rail, trots att allt är en enda komponent.



Figur 8.3. Koncept A i närbild. Här ses komponentens övergång i djupled och hur waist rail och nedre ram sammanfogats till en del. Författarnas egen bild.

Figur 8.4. Koncept A, sett snett nerifrån. Författarnas egen bild.

Tabell 8.1. Koncept A utvärderat av kunniga på avdelningarna vakuumformning, montering och klädsel/läder på Havd med redovisade fördelar(plus), nackdelar(minus) och intressant aspekter.

Koncept A	Plus	Minus	Intressant
Vakuumformning			Radier >5mm
Montering		- Mycket spill per ark - Lite svårare att hantera	- 2 paneler/ark - Mkt spill, men plasten återvinns “ändå”
Klädsel/Läder	- Inget problem då det inte blir spel mellan delar	- Svårhanterlig - Svår att förvara - Svårt att klä vinklarna - 2 ft² läder slängs	- Ca 4 paneler/hud - Går att skarva genom att lägga in sömmar

8.1.2 Koncept B: Två delar

Koncept B ser i stort sett likadant ut som koncept A men till skillnad från NSV:s önskan är detta koncept konstruerat i två komponenter med en brytning på samma ställe som originalpanelen, se figur 8.6 och 8.7. Delningen sker horisontellt mellan waist rail och ram. På så vis uppnås en design som upplevs mer lik resterande paneler i limousinen samt originalpanelen.



Figur 8.6. Koncept B i närbild, framifrån. Författarnas egen bild.

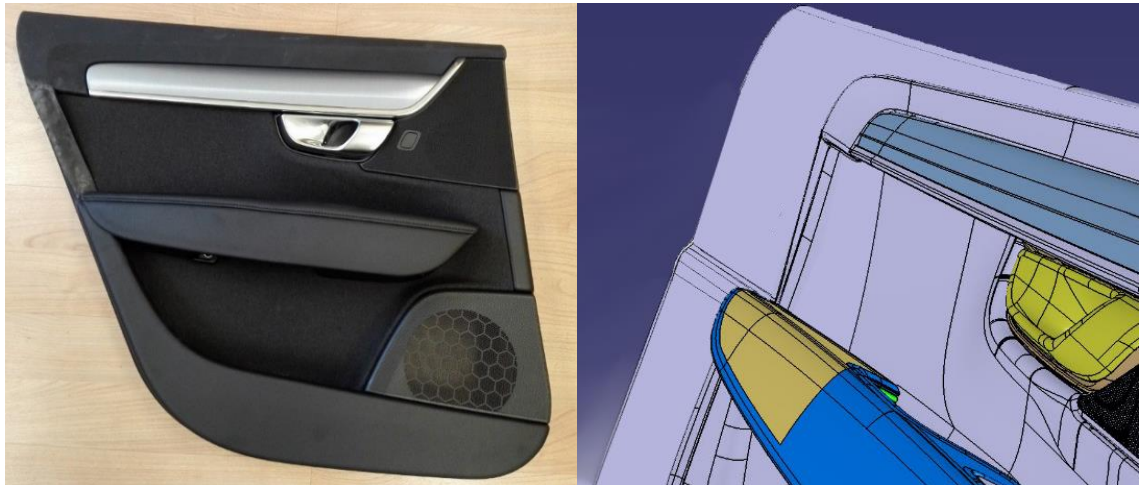
Figur 8.7. Koncept B sett i perspektiv. Författarnas egen bild.

Tabell 8.2. Koncept B utvärderat av kunniga på avdelningarna vakuumformning, montering och klädsel/läder på Havd med redovisade fördelar(plus), nackdelar(minus) och intressant aspekter.

Koncept B	Plus	Minus	Intressant
Vakuumformning			Radier >5mm "Ser ut att fungera idag så"
Montering	- Utnyttjar arket/materialet	- Kan bli instabilt	- 6-8 delar/ark
Klädsel	- Enklare att klä 2 delar - Enklare förvaring - Enklare hantering - Mindre spill	- Kan inte garantera perfekt passform i spelet	- Går att skarva genom att lägga in sömmar - Man får anpassa mötet och lädrets tjocklek redan vid formningen av plasten

8.2 Koncept C

Koncept C, se figur 8.8, utgörs av en komponent som sträcker sig runt panelen; ram och waist rail är en och samma detalj. Unikt med konceptet är att waist railen fasas av i djupled och möter ramen i samma nivå som carry overn. Övergången sker nedåt bakåt i två led och kräver att ramen möter övergången, och sluttar något utåt för att den ska upplevas slät och okonstlad. Här skapas då en kant i vertikalled mot carry overn, se figur 8.9 och 8.10. Den nedre, bakre delen av ramen är fortsatt i ett yttre djupledsläge och fasas in med en mjuk övergång i höjd med armstödet, precis som i originalpanelen.



Figur 8.8. Koncept C med carry over från originalpanelen. Författarnas egen bild.

Figur 8.9. Illustration av koncept C i mötet mellan ram, carry over och armstöd, samt förlängning. Författarnas egen bild.



Figur 8.10. Detaljerad vy över koncept C och mötet mellan ramen och carry overn, förändringen gestaltad i lera. Författarnas egen bild.

Tabell 8.3. *Koncept C utvärderat av kunniga på avdelningarna vakuumformning, montering och klädsel/läder på Havd med redovisade fördelar(plus), nackdelar(minus) och intressanta aspekter.*

Koncept C	Plus	Minus	Intressant
Vakuumformning	- Få radier		Radier > 5mm
Montering	- “Snyggast”		
Klädsel		- Svårt att klä mötet med waist rail - Stor komponent att hantera - Mycket spill	- Vill vända sluttningen - Vill dela panelen - Går att skarva genom att lägga in sömmar

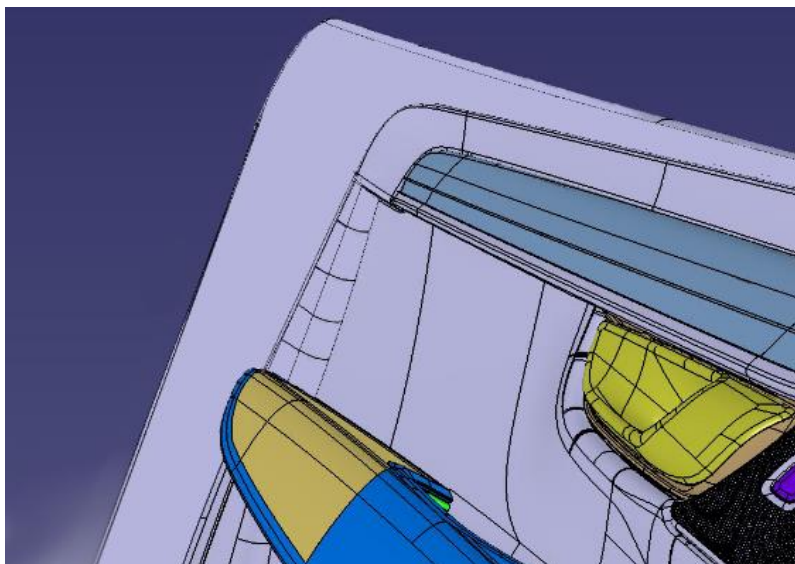
8.3 Koncept D

Koncept D består av en enda del som sträcker sig runt panelen och fungerar som både waist rail och ram, se figur 8.11. Istället för att avslutas med en höjdskillnad gentemot ramen möter waist railen i detta koncept en ram som har blivit upphöjd till samma nivå. Waist railen och utbuktningen som armstödet vilar på binds med andra ord ihop via en brygga i samma nivå som gör att förlängningen av panelen kommer vara i samma nivå hela vägen, se figur 8.12. Ned mot carry overn sluttar bryggan av i djupled, åt höger i bild, för att möta carry overn på dess originalnivå, se figur 8.13.



Figur 8.11. Bild på koncept D i sin helhet med carry over från originalpanelen. Författarnas egen bild.

Figur 8.12. Mötet mellan brygga och carry over på koncept B. Författarnas egen bild.



Figur 8.13. Illustration av koncept D med fokus på mötet mellan ram, carry over och armstöd, här också med förlängning. Författarnas egen bild.

Tabell 8.4. Koncept D utvärderat av kunniga på avdelningarna vakuumformning, montering och klädsel/läder på Hafd med redovisade fördelar(plus), nackdelar(minus) och intressant aspekter.

Koncept D	Plus	Minus	Intressant
Vakuumformning		- Kritiskt "möte" mellan waist rail och ram	Radier >5mm
Montering			
Sadelmakeri		- Extremt svårt möte med waist rail - Kräver att huden klipps i vecken - Stor komponent att hantera - Mycket spill	- Går att skarva genom att lägga in sömmar

8.4 Val av konceptförslag

Vid sammanställning av den fackmannamässiga utvärderingen av de koncept som framkommit under konceptgenereringens andra fas uppenbarades positiva och negativa aspekter med samtliga koncept. Flest krav ställde sadelmakaren, medan vakuumformningen delgav övergripande restriktioner som berörde alla koncept oavsett design. Framförallt framkom här anmärkningar på kraven kring släppvinklar och radier som krävs för att panelen ska kunna lossas från vakuumformningsverktyget och alltså måste tas i beaktande vid skapandet av produktionsunderlag, oavsett specifik design.

En annan aspekt som alla avdelningar reflekterade kring var valet mellan att tillverka waist rail och ram som en eller två delar, samt vilka för- och nackdelar som de båda alternativen innebar. De koncept som skapas av endast en ny komponent, A, C och D, är bland annat positiva i avseendet att de eliminerar eventuella spel mellan delar. Å andra sidan blir komponenten betydligt större, svårare att förvara och hantera. En stor komponent innebär även mer materialspill i både vakuumformningen och beklädnaden. För läderklädsel hade en sammansatt komponent inneburit materialspill på nästan 20 dm² per panel, förutsatt att hela panelen hade kläts med skinn från samma hud. Det framkom även att klä hela komponenten i en och samma hud inte hade varit riskfritt. De skarpa kanterna och hörnen som koncepten är uppbyggda av hade komplicerat beklädnadsprocessen och inneburit en problematisk och invecklad process för berörd sömmerska.

Koncept B däremot, vars nytillverkade komponent delats upp i två delar, fick betydligt bättre respons. Främsta anledningarna är att många fler delar skulle kunna tillverkas per hud och plastark då det hade varit lättare att placera ut mindre komponenter. Att dela upp ramen i två mindre komponenter hade också underlättat vid hantering och förvaring av detaljerna, samt hade även liknat originalpanelen mest eftersom denna är skapad i två delar. Den mest kritiska aspekten för en tvådelad panel är dock spelet som uppstår mellan de båda delarna där de möts, något som måste finnas i åtanke vid skapande av produktionsunderlag. Monteringsavdelningen på Havd menade även att en ram i två delar riskerar medföra en viss instabilitet till panelen, något som hade krävt ett extra stadgatillskott.

Sammanfattningsvis kan en faktor ses som överhängande i valet av slutkoncept: Svinnet av material. Ett tvådelat konceptförslag tillåter effektivare användning av resurser och är sammanfattningsvis betydligt bättre ur både ett ekologiskt och ekonomiskt hållbarhetsperspektiv.

Baserat på de tillfrågade avdelningarnas åsikter och tankar, samt på hållbarhetsaspekten, väljs därför koncept B som grund för ett slutgiltigt konceptförslag.

9. SLUTGILTIGT KONCEPTFÖRSLAG

I detta kapitel presenteras det slutgiltiga konceptförslaget vilket är resultatet av detta examensarbete och det svar som de inledande frågeställningarna lett fram till. Förslaget bygger vidare på koncept B som vidareutvecklats till vad som i bild och text presenteras nedan. I bilderna har hänsyn till spel mellan komponenter tagits, liksom till carry overn som orörd förts över från originalpanelen. Konceptet är modellerat i Catia V5 och har renderats för att ge en uppfattning om hur konceptet kommer upplevas i verkligheten, med så verklighetstroget material och ytskikt som möjligt applicerat.

9.1 Presentation av slutkoncept

Slutkonceptet består av tre övergripande delar - två nya och en i original - som alla bygger vidare på de linjer och vinklar som finns i originalpanelen, se figur 9.1. Slutkonceptet är precis som tidigare koncept förlängt i bakkant (till vänster i bild) där den nya ramen mjukt binder ihop i mötet mellan waist rail, ram och carry over. Av dessa är waist rail och ram de enda komponenter som kommer tillverkas i nytt utformande i Havds verkstad, medan carry overn och dess ingående artiklar är nyinköpta delar i originalutförande.



Figur 9.1. Den nyframtagna limousinepanelen renderad i Catia V5.

Både ram och waist rail kommer vakuumformas i ABS-plast i Havds verkstad på samma sätt som vid tidigare panelprojekt för att sedan kläs med läder. Ramens förlängning kommer stadgas upp med hjälp av en insert i ABS som även den kommer tillverkas in-house på Havd. Också waist railen kommer stadgas upp och utrustas med en hänganordning som tillåter att panelerna kan hängas upp och fästas på respektive dörr. Då denna del består av tunna former i olika riktningar lämpar sig någon typ av sprutformning bäst som tillverkningsteknik, något Havd kommer beställa externt.

De nyttillverkade delarna kommer kläs i läder i Havds klädnadsstudio. Till ramen används det läder som företaget vanligen använder vid panelbeklädnad, medan waist railen eventuellt kommer kläs i ett följsammare läder med annan textur. Detta beror på att materialet kommer utsättas för en annan typ av påfrestning vid klädseln av den komplexare waist railen på grund av skarpare kanter och vinklar. Ett mjukare läder kan sträckas mer, underlätta beklädnadsprocessen samt har en grövre struktur som överensstämmer bättre med originalpanelens ytskikt, en värdefull egenskap ur ett estetiskt perspektiv.

Eftersom V90-panelen gick sönder vid demonteringen kommer en nya carry over köpas in i omonterat originalutförande: Basplattan klädd i tyg, dekorlist, handtag, högtalargaller, diskant högtalargaller, armstöd samt mindre komponenter som fästen och kablar. Då samtliga delar är av originalutförande finns redan inpassningspunkter som kommer användas vid montering av carry overn. Det innebär även garanterad passning mellan delarna.

Den nya ramen, den nya waist railen och den gamla carry overn med sina delkomponenter kommer likt tidigare panelprojekt monteras ihop av modellsnickare på Havd. Den huvudsakliga sammanfogningsmetoden är limning eller varmsvetsning som förutom sammanfogning kommer bidra till ökad stabilitet mellan ram och waist rail. Dock är en följd av detta att komponenterna kommer vara mycket svåra att separera när de väl har blivit monterade. Å andra sidan menar NSV att panelerna och dess komponenter sällan behöver byta ut eftersom de slits väldigt lite.

9.2 Intressanta delar och detaljer

Nedan presenteras för arbetet särskilt intressanta områden på det slutgiltiga konceptförslaget. Detta är framförallt detaljområden som visat sig vara extra viktiga vid formgivningen och som därför tagit upp stor del av idégenereringsarbetet. Figur 9.2 nedan visar var dessa områden ligger.



Figur 9.2. Den nya limousinepanelen med de utmarkerade områden som beskrivs nedan.

9.2.1 Mötet mellan ram och waist rail

De båda delarna kommer kläs separat och är utformade på sådant vis att plastkärnorna går att limma mot varandra, ett krav för en stabil konstruktion se figur 9.3. Panelen är även, enligt Havds önskemål, designad så att lädret sträcker sig bortom mötet och på så vis syns inte heller klädselskarvarna. För att det ska vara möjligt att limma plast mot plast och de plats för klädseln kommer komponenterna formas med en limlucka mellan de ytorna där komponenterna kommer mötas. Spelet är uppskattat till ca 3,5 mm vilket motsvarar tjockleken av ett lager läder (1,5 mm) och ett lager lim för respektive komponent. Mötet mellan ram och waist rail uppskattas vara det mest problemfyllda området på det slutgiltiga konceptförslaget sett till panelens hållfasthet. NSV uttryckte därför tvekan gentemot att konstruera två separata delar, men då hänsyn görs till spelet förväntas inte konstruktionen medföra några problem.

9.2.2 Mötet mellan ram och carry over

Mötet mellan waist rail, ram och carry over, det område som konceptgenereringens andra fas cirkulerade kring, löstes genom att följa de båda ytornas befintliga vinklar och låta dessa ytor smälta ihop, se figur 9.3. I och med att följa befintliga vinklar undviks slipning av originalramen som nu kommer fungera som ett stöd inuti den nytillverkade ramen. På så vis underlättas monteringsprocessen mycket: Den vinkel som carry overn avslutas i fångas upp av ramen och skapar en naturlig övergång. För att ramen inte ska sticka ut mot passageraren genomfördes formändring av de båda ytornas vinklar genom en stor radie som innebär att den nya ramen avslutas i samma djupled som originalpanels ram.



Figur 9.3. Illustration och markering som visar den mjuka övergången mellan carry over och ram.

9.2.3 Armstödetets påbyggnad

Mellan ramens nedre del och slutningen uppåt gentemot carry overn anpassas ramen till armstödet form och följer denna bakåt in i det mjuka mötet mellan ramens två nivåer, se figur 9.4. Detta bildar vad som ser ut som en liten påbyggnad av armstödet på ramen och är utformad för att underlätta mötet mellan ytorna. Designen tar även hänsyn till vakuumformningens restriktioner och utgörs av väl tilltagna radier. Påbyggnaden kommer inte påverka armstödet montering eller funktion. Armstödet i sig förblir oförändrat och kommer köpas in i originalutförande. Dock har NSV under projektets gång uttryckt att de inte vill inkludera hissningfunktion av sidofönstren i Volvo S90 limousine och därför kommer armstödet knappsats tas bort och hålet täckas över med en läderklädd plastdetalj.



Figur 9.4. Illustration av armstödet med dess mjuka påbyggnad på ramen till vänster samt den övertäcka knappsatsen till höger, båda markerade med cirklar.

9.2.4 Panelens upphängningsanordning

På baksidan av waist railen finns en lös komponent som fungerar som upphängningsanordning så att panelen kan fästas på plats i dörren, se figur 9.5 och 9.6 nedan. Denna tillverkas separat eftersom vakuumformningsmaskinen inte kan tillverka komponenter med underskärning, vilket är just vad som hade krävts om upphängningen och waist railen hade tillverkats i en del. Att separera dem löser dock enkelt problemet och upphängningen kan anpassas efter panelen och fästes på plats i efterhand. Som komplement finns på carry overns baksidan mindre clips/krokar som stabiliserar upphängningen.



Figur 9.5. Panelens separata upphängningsanordning i enkel illustration, sett i perspektiv.

Figur 9.6. Panelens upphängningsanordning sett från sidan.

10. MILJÖANALYS

I denna miljöanalys presenteras och diskuteras hur limousinepanelen kan tänkas tas om hand när fordonet inte längre körs och det koldioxidutsläpp som tillverkning av produkten beräknas ge upphov till.

10.1 End of life

Eftersom limousinerna som NSV tillverkar kommer brukas och avvecklas i Storbritannien utgår den nya limousinepanelens miljöanalys från den sluthantering av fordon som är vanligast i just Storbritannien. Denna metod är, precis som snittet i övriga Europa *recycling from shredding*, se figur 4.5, kapitel 4.1.3. Shredding antas därför vara den återvinningsmetod som limousinen och även dess dörrpaneler kommer genomgå vid end of life.

En övergripande aspekt som är mycket viktig att ta upp i sammanhanget är de nya dörrpanelernas unika utformning: Det tillverkas extremt få begravningslimousiner och NSV är helt ensamma med just sin ombyggnation av Volvo S90, varför det också kommer bli svårt att på ett optimalt sätt hantera produkten i slutet av dess livscykel. Vanliga personfordon finns i många fler exemplar och det finns därför en nytta med att ta till vara på fortfarande fungerande komponenter och återanvända dessa. NSV:s ombyggda limousinepaneler är däremot så ovanliga komponenter att de med största sannolikhet inte kommer tas till vara på utan istället kommer genomgå shredding tillsammans med resterande delar av fordonet.

Ett annat problem vid panelens end of life är att produkten innehåller så många olika material: Läder limmas på de nytillverkade ABS-komponenterna vilket försvårar återvinningen av den rena plasten och det är en alltför tidskrävande och nästintill omöjlig process att sära på materialen. Genom shreddingen kan dock de mesta av metallerna tas till vara men plastdetaljerna blandas tillsammans med läder, tyg och övriga strömmaterial till en oanvändbar massa. Att ABS, en plast som har goda återvinningsströmmar i Europa (se kapitel 6.2.1), används spelar därför inte så stor roll eftersom plasten ändå inte återvinns till nya produkter.

10.2 Miljöpåverkan

Den inledande formuleringen av uppdraget var ta fram en förstudie på hur Volvo V90 bakdörrspanel skulle kunna omformas till en mittdörr passande Volvo S90 limousine och spara så mycket material som möjligt. Vid demonteringen uppkom stora tvivel om huruvida panelen skulle kunna omformas över huvud taget då majoriteten av alla komponenter gick sönder till den grad att de blev obrukbara. Som bekant uppenbarade sig dock en lösning i att köpa in nya omonterade komponenter och montera dessa till nya vakuumformade delar.

Dock löser inte denna lösning Nilsson Special Vehicles överskott på V90-paneler eftersom dessa, bortsett från några få komponenter som kan avlägsnas utan att gå sönder, förblir oanvända. Övriga delar från de överblivna originalpanelerna står fortfarande utan användningsområde eller slängs bort och avslutar på så vis sin livscykel redan innan de kommit i bruk. Av denna anledning räknas både de överblivna originalpanelerna, de nytillverkade

komponenterna samt omonterade, extra inköpta, originaldelar in i den slutgiltiga produkten under kategorin ”CO₂-utsläpp S90” i nedan presenterade miljöanalys, se tabell 10.1. För en utförligare jämförelse, se bilaga 8. Som jämförelsetal i analysen finns det uppskattade utsläppet från originalpanelen, vilket presenterades i kapitel 4.1.3.

Tabell 10.1: Jämförelse av V90 bakdörrspanel och nya S90 limousine mittdörrspanel sett till koldioxidutsläpp.

Delsystem	CO ₂ -utsläpp V90	CO ₂ -utsläpp S90	Förändringsfaktor
Waist rail	2.561	6.414	2.504
Dekorlist	2.471	2.471	1.00
Diskanthögtalargaller	0.315	0.631	2.00
Kablar	0.550	0.550	1.00
Armstöd	2.780	5.485	1.973
Bashögtalargaller	0.349	0.698	2.00
Inlägg i dörrfack	0.088	0.088	1.00
Nedre ram	3.066	8.390	2.736
Lampa	0.138	0.138	1.00
Handtag	1.863	3.727	2.00
Basplatta	5.422	10.844	2.00
Summa	19.604 kg CO₂	39.430 kg CO₂	2.011

Trots att analysen är översiktlig till följd av att en mer detaljerad BOM-lista inte erhöles från IAC är jämförelsen mellan ny och gammal panel tydlig. De enda delar som kunde återanvändas var dekorlisten, kablarna, inlägget i dörrfacket och lampan i ramens nedre del medan resterande delar blev tvungna att ersättas. Resultatet är att miljöpåverkan är mer än dubbelt så stor hos den nya limousinpanelen med en ökning på ungefär 101 %. Förändringsfaktorn är väldigt stor men eftersom produktionen sker i så liten skala är det ändå en liten miljöpåverkan det rör sig om. Siffrorna är trots detta tankeväckande och visar att det finns mycket utvecklingspotential innan konceptet lever upp till satta miljökrav.

10.3 Materialoptimering

Slutkonceptet löser på ett bra sätt materialhanteringen i och med att delarna tillverkas isär och inte som en enda stor komponent. En stor optimering sker vid klädseln eftersom slutkonceptets delade komponenter tillåter användning av mindre bitar läder. De mindre delarna medger att komponenterna kan placeras ut på ett mycket friare sätt som är enklare att anpassa efter respektive hud så att material sparas.

En liknande optimering sker vid tillverkning av plastkomponenterna: Istället för att få plats med två paneler per plastark, vilket skulle blivit fallet om alla komponenter tillverkades i en del, kan arket nu optimeras och ge plats för fler komponenter. Positivt är att materialet ABS är ett relativt miljövänligt, billigt plastmaterial med ett kilopris på ca 25 kr/kg (Granta Design Ltd, 2016) och att Havds leverantör redan köper upp spillbitar och återvinner dessa till nya ark. Genom att optimera materialanvändningen minskar dock spillet och trots att återvinning sker görs en vinst för miljön i och med att mindre material måste fraktas mellan företagen.

11. DISKUSSION

Huruvida examensarbetet lämpar sig som beslutsunderlag för projektet kan diskuteras. Slutkonceptet har därför jämförts med arbetets kravspecifikation och formstudie för att bedöma överensstämmelsen genom både hårda och mjuka värden.

Ur hållbarhetssynpunkt hade det varit intressant att se över alternativa material att ersätta den nu valda ABS-plasten med. I arbetet har termoplaster listats och jämförts i CES Edupack, men då dataprogrammet redovisar ett begränsat utbud av plaster har varken bioplaster, eller andra alternativa material, utvärderats. Valet föll dock på ABS på grund av matchning med övriga plastkomponenter samt tack vare de erfarenheter som finns inom företagen. I och med att plasten är ett vanligt förekommande material vid produkttillverkning på Havad innebär materialvalet ett säkert resultat med garanterad kvalitet. Det innebär även inköp från befintliga leverantörer vilket förenklar implementeringen av panelen, någonting som hade blivit mycket svårare om materialet hade bytts ut mot någonting för företaget helt nytt.

Den nya panelens plastkomponenter är konstruerade på ett sådant sätt att kraven kring släppvinklar och radier uppfylls och på så vis borde tillverkning i vakuumformningsmaskin inte innebära något problem. Att med en testform prova att tillverka komponenterna och därifrån utvärdera resultatet hade visat detta mer exakt och hade även tillåtit ändringar i andra avseenden: Om en estetisk formförändring skulle vilja genomföras hade även en sådan varit enklare att ändra på om ett prototypverktyg tillverkas först. Waist railen har en relativt komplex form i sitt grundutförande med många ytor som möter varandra i olika vinklar - vilket främst märks i att en extra komponent var tvungen att adderas till railens baksida för att fungera som upphängning.

Någonting som dock inte går att testa och förutse lika säkert är klädseln av panelen. Anledningen är helt enkelt att alla hudar är olika och kommer ge ett unikt utseende till varje panel. Det är därför viktigt att formen som ska kläs är så enkel som möjligt, att även det mest svårhanterliga läder ska kunna användas och inte behöva kasseras. Vid avstämning i sömnadsverkstaden uttryckte sadelmakaren Alexandra Eriksson att de mest kritiska punkterna vid klädsel var skarpa kanter och stora höjdskillnader mellan ytor, vilka till stor del eliminerats i och med uppdelandet i två komponenter. Det är dock viktigt att ha i åtanke att hudarna kan behöva klippas för att kunna kläs kring vissa kanter. Eventuella problem kan dock lösas genom att lägga in skarvar i klädnaden; skarvar som kan anpassas efter varje enskild produkt. Å ena sidan är detta positivt eftersom det tillåter ytterligare användning av mindre läderbitar som annars skulle slängas, å andra sidan har lösningen en negativ aspekt i och med att skarvar motstrider den enhetlighet som uttrycks i Volvos formspråk.

De designmässiga krav som framkommit under arbetets gång har framförallt cirkulerat kring överensstämmelsen med övrig interiör och Volvos formspråk. Dessa krav är svåra att utvärdera och klassas därför som subjektiva, varför endast en uppfattning kring måluppfyllnaden av dessa kan göras i detta fall. Med tanke på att slutkonceptet till stor del består av delar från originalpanelen, och att de delar som behövde tas bort i samband med rekonstruktionen ersattes med liknande komponenter, anses panelen vara mycket lik originalet och förenlig med Volvos

formspråk. Genom att hålla designen så lik originalet som möjligt kommer det även bli möjligt att bibehålla en enhetlig design hela fordonet igenom. De få ändringar som gjorts speglar de former som inkluderades i mood- och imageboarden, se figur 4.7 och 4.8, kapitel 4.3, och då inga drastiska materialförändringar gjorts är det även tydligt att se att den nya panelen speglar det uttryck som kommunicerades i samma kapitel.

Utan att genomföra en användarstudie i en färdigproducerad limousine är det inte möjligt att undersöka hur den nya panelen påverkar användarupplevelsen. Dörrens form är ändrad och förlängd varför carry overns placering hamnar längre bort från panelens bakkant, men tack vare just carry overn behålls rörliga komponenter i samma förhållande till varandra. Den enda egentliga skillnaden i carry overn är att hissfunktionen av rutan har tagits bort och att knappsatsen ersatts med en läderklädd plastkomponent. Detta gjordes dock på önskan av NSV som menade att deras kunder i Storbritannien inte har användning för funktionen och valet togs därför att ta tillhörande komponent. Av denna anledning kan slutsatsen dras att användarupplevelsen inte kommer påverkas, men för att med säkerhet kunna kartlägga detta måste en användarstudie av den färdiga produkten genomföras.

Då reflektion görs över det koncept som sammanställdes i den morfologiska matrisen i kapitel 7.3, blandningen av de teoretiskt sett bästa dellösningarna, är den mest påtagliga skillnaden att det konceptet saknade förvaringsfack och hade waist railen från en framdörr. Att förvaringsfacket behölls till slutkonceptet ses som den bästa lösningen i främst två avseenden: För det första kommer resterande panelerna i limousinen ha förvaringsfack, varför borttagning skulle leda till en oenhetlig upplevelse av dörrarna och interiören. För det andra bidrar fackets utsida till stadga och om denna skulle tas bort hade en extra förstärkning förmodligen blivit tvungen att adderas någon annanstans. Att ta till vara på waist railen från en framdörrspanel är dock fortfarande mycket intressant i sammanhanget eftersom waist railens karakteristiska material och form är svårt att efterlikna till hundra procent. Dessvärre fanns inte utrymme att djupare gå in på denna alternativa lösning och idén övergavs därför. Förutom osäkerheter i att flytta komponenten från framdörrspanel till mittdörrspanel hade nya rutiner krävts vid inköp, konstruktion, tillverkning och montering - å andra sidan kommer detta krävas även vid implementering av slutkonceptet i dess nuvarande utförande. Därför hade det varit mycket intressant att noggrannare undersöka möjligheterna att istället för att vakuumforma och klä en egen waist rail köpa in en framdörrs waist rail, omforma denna och implementera i mittdörren för att bibehålla samma formspråk i fordonets alla dörrar.

12. SLUTSATS

Syftet med arbetet var att utarbeta en förstudie inför utvecklingen av mittdörrspanelen vill Volvo S90 limousine. Målet var att reda ut hur utgångsprodukten, Volvo V90 bakdörrspanel, och så många komponenter från denna som möjligt kunde återanvändas för att minimera materialspill.

Konceptgenereringen och det iterativa arbetet har involverat både uppdragsgivaren Havd och kunden Nilsson Special Vehicles varför det slutgiltiga konceptet, trots att tillvägagångssättet stundtals frångått direkta önskemål, väl uppfyller de krav som framkommit under arbetets gång. Konceptet har konstruerats utefter konvergerande dörr, och kan anses verifierat i den utsträckning projektet tillåtit.

Förstudien har resulterat i ett konceptförslag som till största möjliga mån överensstämmer estetiskt med den närliggande interiören, Nilsson Special Vehicles önskemål och sammanställd kravspecifikation. På grund av dess invecklade uppbyggnad kunde inte originalpanelen återanvändas i den mån som tänkt utan nya komponenter måste köpas in för att panelen ska kunna tillverkas i någon mån lik originalet.

Hade det varit möjligt att redan från början köpa in omonterade panelkomponenter hade både det totala materialspillet och koldioxidutsläppet kunnat minskas betydligt, men eftersom Nilsson Special Vehicles är tvungna att köpa in kompletta fordon från Volvo kvarstår problemet med att dörrpaneler blir över och komponenter måste ersättas. Lösningen som presenterats är därför långt ifrån optimal men utifrån de förutsättningar som finns i dagsläget anses konceptet svara väl till de inledande frågeställningarna och arbetets syfte.

13. REKOMMENDATION

Inför eventuell optimering och vidareutveckling av konceptet listas nedan rekommendationer för vidareutveckling och implementering av Volvo S90 limousinpanel.

Inledningsvis rekommenderas att Havd inför klädsel av panelerna ser över bästa möjliga sätt att utnyttja sitt läder eftersom denna aspekt inte utvärderats närmare i detta arbete. Fokus bör läggas på hur panelerna fördelaktigt kan kläs med reservation för naturliga skavanker och varierande dimension på hudarna. För att kunna kringgå denna anpassning hade det också varit intressant att se över implementeringen av en kascheringsmaskin så att både arbetstimmar och läder kan sparas, samtidigt som mer komplexa former skulle bli möjliga att klä. Införskaffande av en kascheringsmaskin innebär dock stora utgifter samt ytterligare belastning på miljön varför detta alternativ måste undersökas vidare för att avgöra om investeringen är värd att genomföra eller inte.

Även formverktygen till panelens olika komponenter och hur dessa placeras kräver utvärdering för att resultera i så effektiv materialanvändning som möjligt. Detsamma gäller även arkens tjocklek och hur eventuella förstärkningar kan optimeras för att på bästa sätt ge stadga åt konstruktionen utan att onödigt mycket material används.

Ytterligare en rekommendation gäller potentiell vidareutveckling av konceptet då Havd uppmanas titta djupare på implementeringen av waist railen från Volvo V90, eller S90, och dess framdörrspanel för att på så vis slippa tillverka och klä en egen waist rail. Om denna anpassning skulle kunna genomföras hade även formspråket blivit nästintill enhetligt genom hela fordonets interiör.

För att optimera sin nya produkt och tillhörande process rekommenderas Nilsson Special Vehicles slutligen att se över möjligheten att i framtiden köpa in fordon från Volvo utan de dörrar som ändå kommer behöva ersättas. Ett alternativ som rekommenderas starkt är att sälja vidare oönskade dörrar och paneler i sitt originalutförande så att dessa kan användas till annat, exempelvis som reservdelar i en bilverkstad. Detta hade minimerat överflödig förbrukning av material och bidragit till en hållbarare produktion ur både ett ekonomiskt och ekologiskt perspektiv.

REFERENSER

Andersson, A. (2015a). *Nya Volvo S90 officiell- fakta och bilder*. Hämtad 2017-02-28 från <http://www.mestmotor.se/automotorsport/artiklar/nyheter/20151202/nya-volvo-s90-officiell-fakta-och-bilder>

Andersson, A. (2015b). *Volvo S90 – första officiella bilderna*. Hämtad 2017-03-30 från <http://www.mestmotor.se/automotorsport/artiklar/nyheter/20151120/volvo-s90-forsta-officiella-bilderna>

Brandt, P. (2016). Hemligheten bakom Bowers & Wilkins superljud i Volvo S90. Hämtad 2017-04-27 från <http://www.mestmotor.se/automotorsport/artiklar/nyheter/20160129/hemligheten-bakom-bowers-wilkins-superljud-i-volvo-s90>

Creative Mechanisms. (2016a). *Everything You Need to Know About ABS Plastic*. Hämtad 2017-03-28 från <https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-abs-plastic>

Creative Mechanisms. (2016b). *Everything You Need To Know About Polystyrene (PS)*. Hämtad 2017-03-04 från <https://www.creativemechanisms.com/blog/polystyrene-ps-plastic>

Creative Mechanisms. (2016c). *Everything you need to know about pvc plastic*. Hämtad 2017-04-28 från <https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-pvc-plastic>

Creative Mechanisms. (2016d). *Everything you Need to Know About The World's Most Useful Plastic (PET and Polyester)*. Hämtad 2017-03-04 från <https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-about-polyethylene-terephthalate-pet-polyester>

Ecocostvalue. (u.å). *The model of the Eco-Cost/Value Ratio (EVR)*. Hämtad 2017-05-02 från <http://ecocostvalue.com/EVR/model/theory/subject/5-data.html>

Expressen. (2017). *Populäraste bilarna i Sverige just nu – lista*. Hämtad 2017-03-03 från <http://www.expressen.se/motor/bilnyheter/popularaste-bilarna-i-sverige-just-nu--lista/>

Flink, T. (2017). *Design för återvinning*. [Powerpointpresentation]. Stena Recycling. Hämtad från Chalmers Studentportal Pingpong.

Formech. (u.å). *A vacuum forming guide*. Hämtad 2017-02-13 från <http://capla.arizona.edu/forms/shop/fromechvacuumguide.pdf>

Funeral Costs Help. (2014). *Funeral Traditions and Customs Which are Alive and Thriving in the UK Today*. Hämtad 2017-03-01 från <http://funeralcostshelp.co.uk/funeral-traditions-customs-alive-thriving-uk-today/>

Föreningsresursen. (u.å, a). *Metoder; Brainstorming*. Hämtad 2017-03-15 från <http://www.foreningsresursen.fi/foreningsarbete/metoder/brainstorming/>

Föreningsresursen. (u.å, b). *Metoder; PMI*. Hämtad 2017-04-13 från <http://www.foreningsresursen.fi/foreningsarbete/metoder/pmi/>

Granta Design Ltd. (2016). *CES EduPack* (Version 16.1.22) [Datorprogram]. Granta Design Ltd.

Hämtad från <https://www.grantadesign.com/education/edupack/index.htm>

How it's made. (2015). *How it's made car recycling*.

Hämtad 2017-05-09 från <https://www.youtube.com/watch?v=6UPl7zOL49E>

Ingenlath, T. (2015). *Volvo reveals the S90 sedan*. Hämtad 2017-03-30 från

<http://www.carbodydesign.com/2015/12/volvo-reveals-s90-sedan/>

Innovations- och kemiindustrierna i Sverige. (2013). *Värt att veta om plast*.

Hämtad 2017-03-28 från

http://www.ikem.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=7f1533e4-4ad2-48f3-86df-221b8743fc9c&FileName=Bok_Vart-att_veta_Plast.pdf

Jody, B.J., Daniels E.J., Duranceau, C.M., Pomykala, J.A., Spangenberg Jr., och J.S. (2010). *End-of-Life Vehicle Recycling: State of the Art of Resource Recovery from Shredder Residue*.

Argonne National Laboratory. Hämtad 2017-05-03 från

<http://www.ipd.anl.gov/anlpubs/2011/02/69114.pdf>

Johannesson, H., Persson, J. G, Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.

Kravspecifikation. (2017). *Vad är en kravspecifikation?*. Hämtad 2017-04-25 från

<http://www.kravspecifikation.se>

Meursing, M. (2015). *Idemat* (Version 1.0) [Mobilapplikation]. Hämtad från

<https://play.google.com/store>.

Matzler, K., H. Hinterhuber, H., Bailom, F., Sauerwein, E. (1996). *How to delight your customers; Journal of Product & Brand Management* [Elektronisk resurs] (upplaga 5).

Hämtad 2017-04-26 från <http://dx.doi.org/10.1108/10610429610119469>

Metodbanken. (u.å). *Imageboard*. Hämtad 2017-03-04 från

<http://www.metodbanken.se/2013/01/17/imageboard/>

Nationalencyklopedin. (2017a). *Polypropen*. Hämtad 2017-03-30 från

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/polypropen>

Nationalencyklopedin. (2017b). *PVC*. Hämtad 2017-03-28 från

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/pvc>

Naturskyddsföreningen. (2017). *De vanligaste plasterna och tillsatsämnena*.

Hämtad 2017-03-28 från <http://www.naturskyddsforeningen.se/node/35087/#F>

Nilsson Special Vehicles. (2017). *Om Nilsson Special Vehicles*. Hämtad 2017-03-12 från

<http://www.nilsson.se/om-nilsson-bil/>

Stiftelsen Svensk industrideign. (u.å, a). *Designprocessen, från idé till verklighet*. Hämtad 2017-03-07 från <http://www.svid.se/sv/Vad-ar-design/Designprocessen-fran-ide-till-verklighet1/>

Stiftelsen Svensk industrideign. (u.å, b). *Designprocessen, från idé till verklighet: Fas 2*. Hämtad 2017-03-04 från <http://www.svid.se/Vad-ar-design/Designprocessen-fran-ide-till-verklighet1/Fas-2-Ideer/>

Stiftelsen Svensk Industridesign. (u.å, c). *Konceptutveckling och visualisering*. Hämtad 2017-05-02 från <http://www.svid.se/sv/Designprojektguiden/2-Designarbetet/3-Forslag/>

Stiftelsen Svensk Industridesign. (u.å, d). *Utvärdering och konceptval*. Hämtad 2017-05-03 från <http://www.svid.se/sv/Designprojektguiden/2-Designarbetet/4-Genomforande/>

Teknikskolan. (u.å). *Tekniksa system och delsystem [sic!]*. Hämtad 2017-04-02 från <http://teknikskolan.se/wp-content/uploads/2011/12/Tekniksa-system-och-delsystem.pdf>

Universal Plastics. (2014). *Thermoforming Design Guidelines*. Hämtad 2017-03-27 från <http://www.universalplastics.com/wp-content/uploads/2014/03/UP-Design-Guide-v1.2.pdf>

Uppsala universitet. (u.å). *Konceptkonstruktion* [PowerPoint-presentation]. Hämtad 2017-05-17 från Uppsala universitet: <https://studentportalen.uu.se/uusp-filearea-tool/download.action?nodeId=956586&toolAttachmentId=177807>

Value model. (2007). *Skapa vinnande koncept* [PowerPoint-presentation]. Hämtad 2017-05-05 från Chalmers tekniska högskola: <https://pingpong.chalmers.se/courseId/6460/node.do?id=2884790&ts=1456142912931&u=-361576458>

Vink. (u.å). PS - Polystyren. Hämtad 2017-03-03 från <http://www.vink.se/sv-SE/Industri/Transparent-plast/PS.aspx>

Viveka Boettge. (2002). *Workshop*. Hämtad 2017-05-03 från <http://www.nada.kth.se/kurser/kth/2D1365/OH/Workshop02.pdf>

Volvo Car Corporation. (2017). *S90*. Hämtad 2017-03-03 från <http://www.volvocars.com/se/bilar/modeller/s90#>

Världsnaturfonden WWF. (2017). *Returpack och WWF samarbetar för ökad återvinning*. Hämtad 2017-04-28 från <http://www.wwf.se/foretag/foretagssamarbeten/samarbetspartners/1567570-foretagssamarbeten-returpack>

Wikipedia. (2015). *Elasticitetsmodul*. Hämtad 2017-05-21 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Elasticitetsmodul>

BILDREFERENSER

A2mac1. (2010). *Volvo V70 1.6 Drive Momentum - Interior top rear view - GE10* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<https://www.a2mac1.com/AutoShowsNew/autoshow.asp?service=1&sourceid=158&level1id=0#photos|GE10Car186|0>

A2mac1. (2016). *Volvo V90 T6 - Back door - GE16* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<https://www.a2mac1.com/AutoShowsNew/autoshow.asp?service=1&sourceid=327&level1id=0#photos|GE16Car192|0>

A2mac1. (2016). *Volvo V90 T6 - Front door - GE16* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<https://www.a2mac1.com/AutoShowsNew/autoshow.asp?service=1&sourceid=327&level1id=0#photos|GE16Car192|0>

Auto Trader. (2015). *Ford Mondeo Estate* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<http://www.autotrader.co.uk/content/car-reviews/ford-mondeo-review-estate-2014>

Coleman Milne. (2017). *The Rosedale Limousine* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<http://www.coleman-milne.co.uk/new-vehicle/rosedale-limousine/>

Coleman Milne. (u.å). *January 2015* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<http://discover.coleman-milne.co.uk/wp-content/uploads/2013/12/3-correct.jpg>

Eurostat. (2017). *Reuse and recycling rates in percentage of total vehicle weight*. Hämtad från: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Reuse_and_recycling_rates_in_percent_of_total_vehicle_weight_\(W1\),_2014.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Reuse_and_recycling_rates_in_percent_of_total_vehicle_weight_(W1),_2014.png)

Federal Coach. (2017). *2017 XTS 70 raised roof limo – Rear facing center seat* [Elektronisk bild]. Hämtad från: <http://www.federalcoach.com/limousines/2017-cadillac-xts-raised-roof-70-limousine>

Formech. (u.å). *Basic principles of vacuum forming* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<http://capla.arizona.edu/forms/shop/fromechvacuumguide.pdf>

Kuhlmann Cars. (u.å). *VF 212 - 5 doors Exterieur* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
http://www.kuhlmann-cars.de/typo3temp/kwi_gallery/detail/IMG_2755_700x600_75.jpg

Matzler, K., H. Hinterhuber, H., Bailom, F., Sauerwein, E. (1996). *How to delight your customers: Kano's model of customer satisfaction* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<http://dx.doi.org/10.1108/10610429610119469>

Motor Trend. (2017). *Volvo S90* [Elektronisk bild]. Hämtad från:
<http://st.motortrend.com/uploads/sites/5/2015/12/2017-Volvo-S90-in-gray.jpg>

Wilcox Limousines. (2017). *Wilcox Launches New Volvo S90* [Elektronisk bild]. Hämtad från: <http://limousines.co.uk/wp-content/uploads/2017/01/Volvo-S90-lim-frt-longer-rear-door-hi-roof-wbg.jpg>

Bilaga 1: Benchmarking

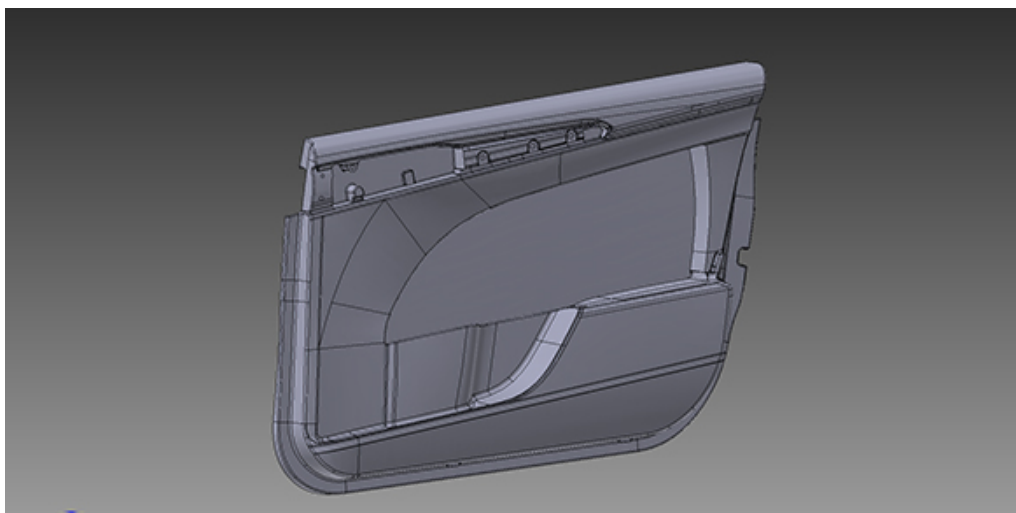
Coleman Milne är ett företag stationerat i Storbritannien som, precis som Nilsson Special Vehicle, specialiserar sig i ombyggnation av ordinarie bilar till förlängda varianter. Coleman Milne bygger limousiner och begravningsbilar av Fords modell Mondeo och fordonen är jämförbara med Nilsson både avseende pris och kvalitet.



Figur B1.1. Coleman Milne limousine av modellen Rosedale (Coleman Milne, 2017).



Figur B1.2. Interiör i Ford Mondeo originalutförande (Auto Trader, 2015).



Figur B1.3. CAD-modellerad dörrpanel till Ford Mondeo limousin (Coleman Milne, u.å).

Liksom NSV tar Coleman Milne fram produktionsunderlag i modelleringsprogrammet Catia. Figur B1.3 visar underlag på den förlängda stommen som utgått från bakkörrens originalpanel. Förlängningen sker i bakkant och är gjord på ett sätt som tillåter panelens detaljer att återanvändas efter rekonstruktion.

Kuhlmann Cars är ytterligare ett företag som likt NSV specialiserar sig i ombyggnation av bilar från originalutförande till förlängda varianter. Företaget finns i Tyskland och bygger om Mercedes-bilar. Till skillnad från NSV och Coleman Milne har Kuhlmann inte någon konkret limousin-modell, utan har istället utvecklat kombinerade limousin- och begravningsbilar.



Figur B1.4. Mercedes Benz C-klass, ombyggd till limousine KC-line VF 212, 5-dörrsmodell (Kuhlmann Cars, u.å).

Ytterligare ett företag med expertis inom modifiering av bilkaross är Federal coach. Företaget bygger om diverse Cadillacmodeller från originalutförande till limousin och räknas till branschens övre skikt beträffande lyx och pris.



Figur B1.5. Mellan- och baksäte i limousinen Cadillac XTS raised roof (Federal Coach, 2017).

I figur B1.5 ses både den rekonstruerade mittendörren och bakdörrspanelen i originalutförande. Mycket har efterliknats i den nya panelen, och de båda panelerna upplevs enhetliga, mycket tack vare designen på mittdörrspanelens waist rail som överensstämmer med originalpanelen.

Bilaga 2: Intervjuguide 1

Intervjuobjekt: Björn Hedenberg

Plats & datum: Havd Group, 2017-02-07

Syfte & Mål: Få en uppfattning om panelens olika delar och samla information om liknande projekt som genomförts samt deras framgångsdelar/kritiska delar.

Typ av intervju: Semistrukturerad

Övrigt: Intervju bandas för att transkriberas, Volvo V70 limousine bakkörspanel används som medierande objekt

Vilka delar/steg ingår vid en konstruktion?

- Förklar förloppet från början till slut

Hur brukar utvecklingsarbetet gå till?

- Vad börjar man med?
- Vilka metoder används?
- Vilka "milstolpar"/hållpunkter är extra viktiga i arbetet?
- Vilka delar i arbetsgången bör behållas/ändras?

Plasten som vi förlänger med, varifrån kommer den?

Finns det någon del av produktionen som måste förbli samma?

Vad sker på Hav Group resp. Nilsson Special Vehicle?

Vad finns det för absoluta värden/hållpunkter (som vi måste förhålla oss till)?

- Bestämmelser
- Storlek på handtag; omfång, grepp etc.

Vad är viktigt att tänka på vid konstruktion?

- Infästningar på baksidan

Vilka delar består en dörrpanel av (endast de delar som hamnar inom ramen för vårt projekt)?

- Beskriv de olika delarna.
- Vilka delar innehåller en funktion?

Vilka material används?

- Vad har dessa för begränsningar?
- Vilka materialval har vi? Kan vi välja andra material?
- Kan vi få specifikationer på materialen (typ teknisk data)?

Fallgropar?

- Var/i vilket skede kan problem uppstå?

Vad är det som levereras till Nilsson?

- CAD?
- Fysisk modell?
- Ritningar?

Övrigt att säga om dörrpaneler?

Bilaga 3: Intervjuguide 2

Intervjuobjekt: Jesper Reimann och Jan-Erik Svensson

Plats & datum: Havd Group, 2017-02-15

Syfte & Mål: Få ingående information om hur processen går till, viktiga förutsättningar som finns etc. Veta mer om hur de olika materialen fungerar och deras egenskaper.

Typ av intervju: Semistrukturerad

Övrigt: Dokumentation i form av fotografering

Tillverkning

- Vad krävs för att produktion ska kunna inledas?
- Vilket förarbete måste vara gjort?
- Vad heter maskinen?
- Hur går processen till, vad börjar man med?

Fråga lite mer ingående:

1. Hur sätts arket fast?
 2. Hur sker uppvärmningen? Vid vilken temperatur sker bearbetningen?
 3. Arkets nivå (Om det är relevant)
 4. Pre-stretch?
 5. Plug assist?
 6. Nedkylning och frigöring
 7. Klippning
- Hur har du upplevt du formning/byggnation i tidigare limousineprojekt?
 - Har det uppkommit några problem?
 - Svårt att bearbeta vissa typer av former? (Som vi bör undvika)

Material

- Varifrån köps plastarken in?
- Vilka olika material har använts? Vad finns att säga om dessa?
 - Vilka egenskaper är viktiga i det material man ska vakuumforma?
- Vad händer med spill?
 - Kan det överlevna återvinnas?
 - Hur tunna ark kan användas?

Form/prototypverktyg/maskin

- Vem tillverkar formen/prototypverktyget? Hur går processen till?
- Vilken variant av ureol är verktyget av?
- Vilket material rekommenderas att använda?
- Små/stora volymer? Pris? Hur påverkar materialet resterande produktion?
- Vad bör man tänka på vid utformning av verktyget?
- Har ni någon erfarenhet av aluminiumverktyg?
- Går det att ersätta dagens verktyg med ett aluminiumverktyg?
- Vad heter vakuumformningsmaskinen?
- Hur varmt blir verktyget?

Montering av paneldelar

- Hur sker monteringen?
- Var sker monteringen?
- Hur lång tid tar det?
- Är det omständigt på något sätt, något som skulle kunna förbättras?
- Vilka verktyg/extra material används? (T.ex. lim)
- Hur sker sammanfogning med resten av dörren? (Om de har koll på det)

Bilaga 4: Kundvärdestabell

Panelens olika delsystem samt deras funktion, bedömda uppfyllandet av kundbehov, respektive delsystemens uppskattade resursförbrukning samt en kort motivering av genomförda skattningar.

Nr	Delsystem	Funktion	Uppfyllande av kundbehov	Resursförbrukning	Kommentar & kundvärde
1	Waist rail	- Inpassning vid montering - Agerar ram, håller samman - Döljer fästpunkter	4	2	Viktig för stabilitet, men kan tjäna samma syfte i annat utförande. 2
2	Dekorlist	- Ser fin ut, visar premium - Bidrar till enhetlig design	4	5	Estetiskt viktig för bilens formspråk, dock utan övrig funktion. Dyr. 0,8
3	Diskant-högtalargaller	- Skyddar högtalare	1	2	Enligt kund behövs inte högtalare. 0,5
4	Kablar	- Leder ström - Medger fönsteröppning - Medger ljus (dekorlist, nedre ram x2) - Medger användning av högtalare	3	1	Måste finnas med för belysningens skull men varken högtalare eller öppning av fönster krävs av kund. 3
5	Armstöd	- Underlättar öppning/stängning av dörr - Håller knappar för fönsteröppning - Medger stöd för arm - Underlättar fixering av panel på dörr	4	2	Knappar för fönsteröppning är enligt kundens önskemål överflödiga. 2
6	Bashögtalare	- Skyddar högtalare - Påvisar teknik	1	1	Högtalare är enligt kunden inte nödvändiga men ev. borttagande av gallret medför ett hål som måste täckas på annat vis. 1
7	Inlägg i dörrfack	- Skyddar sammanfogningar - Samlar smuts - Underlättar rengöring av dörrfack	2	1	2
8	Nedre ram	- Agerar ram, håller samman panelen - Döljer fästpunkter - Skapar dörrfack - Medger belysning - Medger stöd för armstöd - Skydda delkomponenter vid montering	4	2	Viktig för panelens passform till dörren, kommer dock behöva omformas för att passa limousin. Dörrfacket är inte lika viktigt i en limousin eftersom detta inte är ett privat fordon. 2
9	Lampa	- Belyser nedåt	2	2	Onödig. Vid öppning av dörr finns andra, starkare lampor som tjänar samma syfte. 1
10	Handtag	- Medger dörröppning - Ser fin ut, visar premium - Bidrar till enhetlig design	5	3	Vital för dörröppning. Estetiskt viktig för bilens formspråk. 1,67
11	Carry over	- Stadgar upp konstruktion - Medger montering av övriga komponenter - Medger montering av panel på dörr - Tyget bidrar till ljudisolering - Tyget bidrar till enhetlig design	5	2	2,5

Bilaga 5: Miljöanalys, Volvo V90 bakhörrpanel

Koldioxidanalys på Volvo V90 bakhörrpanel, med enbart materialdata inkluderad. De komponenter som kategoriseras som huvudkomponenter är fetmarkerade. Panelens summerade vikt och koldioxidavtryck är också fetmarkerade, och återfinns längst ner i tabellen.

Nr.	Delsystem	Material, komponenter	Vikt (kg)	Koldioxid/Kg	CO2/Komponent (kg)
1	Waist rail (0.505kg)	ABS	0.38	5,49	2.0862
		Vinyl (PVC)	0.07	2,78	0.1946
		PU, PUR	0.055	5,10	0.2805
2	Dekorlist (0.313kg)	ABS+PC	0.208	8,02	1.66816
		Aluminium	0.045	6,79	0.30555
		Ljuskälla	0.029	9,17	0.26593
		Stål	0.031	7,45	0.23095
3	Diskant högtalargaller (0.093kg)	PP	0.093	3,39	0.31527
4	Kablar (0.075kg)	PA66	0.025	8,32	0.208
		Tyg	0.009	2,27	0.2043
		Koppar	0.02	2,76	0.0552
		PVC	0.014	2,78	0.03892
		PUR	0.002	4,83	0.00966
		Övriga metaller	0.005	6,79	0.03395
5	Armstöd (0.485kg)	ABS	0.405	5,49	2.22345
		PUR	0.03	4,83	0.1449
		PP	0.055	3,39	0.18645
		Läder	0.05	4,5	0.225
6	Bashögtalargaller (0.102kg)	PP	0.103	3,39	0.34917
7	Inlägg (0.048kg)	TPS	0.048	1,84	0.08832
8	Ram (nedre) (0.545kg)	ABS	0.481	5,49	2.64069
		Vinyl (PVC)	0.022	2,78	0.06116
		Tyg	0.003	2,27	0.00681
		Ljuskälla	0.039	9,17	0.35763
9	Lampa (0.015kg)	Ljuskälla	0.015	9,17	0.13755
10	Handtag (0.243kg)	ABS+PP	0.093	8,02	0.74586
		Stål (mekanismen)	0.15	7,45	1.1175
11	Basplatta (0.997kg)	ABS	0.92	5,49	5.0508
		Tyg/PUR (klädsel)	0.054	3,49	0.18846
		ABS+PP	0.02	8,02	0.1604
		Metall (fästpunkt)	0.003	7,45	0.02235
		Summa	3.477		19.6

Bilaga 6: Plaster

Polypropen

Polypropen är en isostatisk olefinplast med en kristallin smälttemperatur på 165°C. Dess smältintervall är smalt vilket gör den mer svårhanterlig än exempelvis ABS (Nationalencyklopedin, 2017a). Plasten har hög draghållfasthet och används bland annat i mobiltelefoner, förpackningar, kretskort och flaskor, varför efterfrågan på plastsorten har ökat. Polypropen faller inte in under Naturskyddsföreningens kriterier för miljöfarliga kemikalier och klassas därför som miljövänligt (Naturskyddsföreningen, 2017). Förutom detta är PP en bulkplast med väletablerade återvinningsströmmar både i Sverige och Europa (Flink, 2017).

PS - Polystyren

Polystyren är en termoplast vars största användningsområde är som material i bland annat förpackningar, engångsartiklar och kåpor till maskindetaljer (Vink, u.å.). I många fall används materialet för att skapa snabba prototyper. Under många år kallades plasten endast för Styren och var då en av de mest använda materialen inom plastindustrin, för att senare bli ersatt av ABS (Creative Mechanisms, 2016b). De båda plasterna har liknande egenskaper, Young's modulus och krymphastighet - endast 0.3-0.7%. Från avläsning i bubbelldiagrammet, figur 6.2, går det att fastställa att PS har ett genomsnittligt kilopris på strax under 20kr, vilket gör det till det billigare alternativet av de båda plasterna.

Produkter som tillverkats i polystyren kan, precis som alla andra termoplaster, smältas ner och återvinnas i nya sammanhang (Flink, 2017). Plasten medför dock ett problem eftersom engångsartiklar slängs bort efter en kort livscykel och ofta hamnar i naturen där nedbrytningen är mycket långsam. Plasten är i sig dock inte giftig och löses upp lättare i kontakt med syror och baser (Creative Mechanisms, 2016b).

PET - Polyetentereftalat

Polyetentereftalat, mer känt som PET, är det billigaste material som tas upp i detta rapportavsnitt. Creative Mechanisms klassar plasten som "The world's most useful plastic" och grundar detta i plastens breda användningsområde (Creative Mechanisms, 2016d). Främst är plasten förknippad med plastflaskor för exempelvis dryck och hushållskemikalier men används mer och mer inom bland annat textilindustrin (Naturskyddsföreningen, 2017). Materialet fungerar bra att vakuumforma men främst är det tunna förpackningar som tillverkas med denna metod. Dess E-modul ligger vanligtvis mellan 2,7 och 4,1 GPa och materialet har bra mekaniska egenskaper vid temperaturer under 175 °C (Granta Design Ltd, 2016).

Enligt Naturskyddsföreningen är PET en ofarlig plast så länge inga skadliga tillsatser sker, men sådant är dock ovanligt. Vanligt förekommande är dock att plasten används i kompositblandningar med bland annat glasfiber och polyester (Granta Design Ltd, 2016). Miljömässigt sett är PET mycket fördelaktigt bland annat eftersom pantade och återvinnande av plastflaskor ger stor materialåterströmning. Materialet kan därför fortsätta cirkulera,

användas längre (Världsnaturfonden WWF, 2017) och dess belastning på miljön minimeras därför.

PVC - Polyvinylklorid

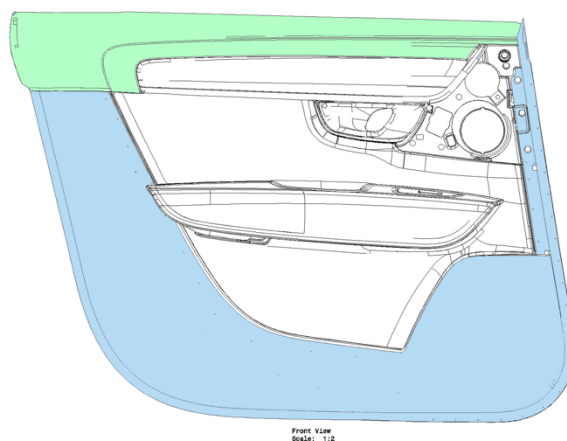
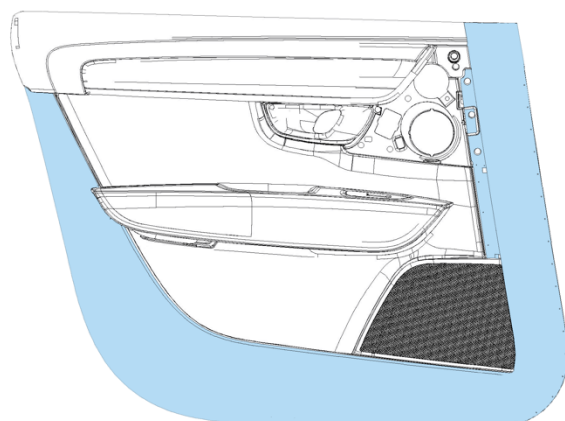
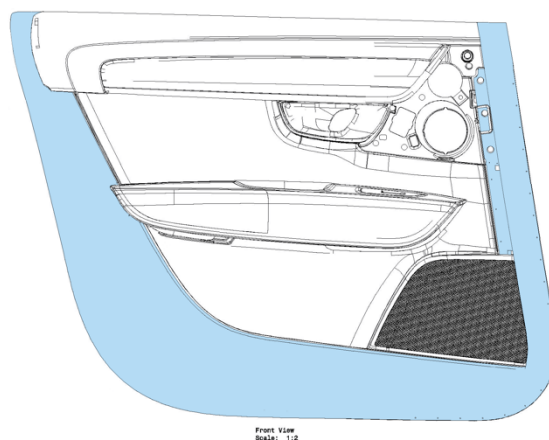
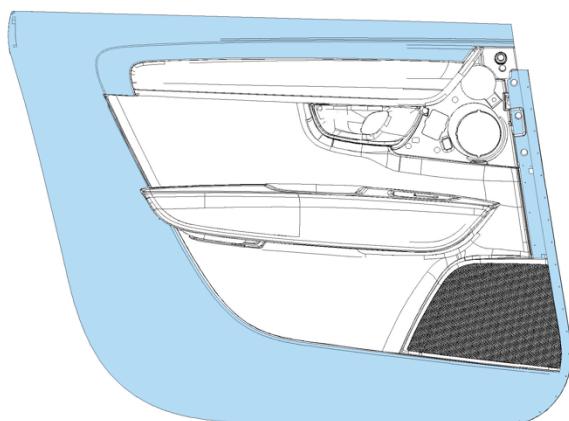
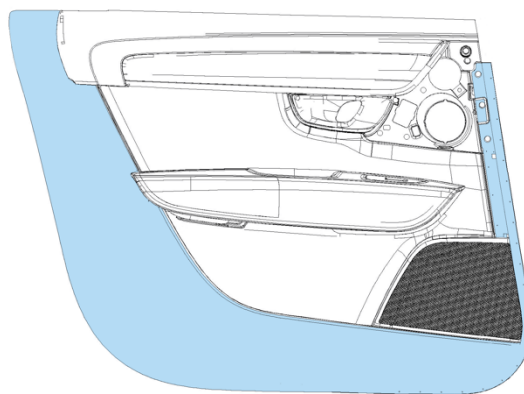
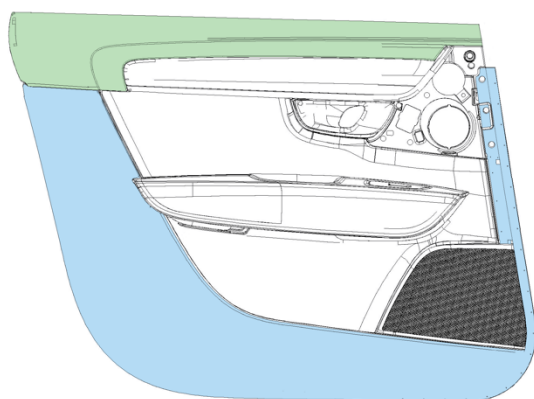
Polyvinylklorid, PVC, är relativt tung termoplast med god slagseghet och styrka. Plasten ingår i många olika materialkonstellationer som tack vare plastens blandbarhet omfattar flera olika egenskaper och användningsområden. PVC används exempelvis i allt från styva rör i byggbranschen till mjuka golvmattor, och kategoriseras som antingen styv, eller flexibel (Creative mechanisms, 2016c).

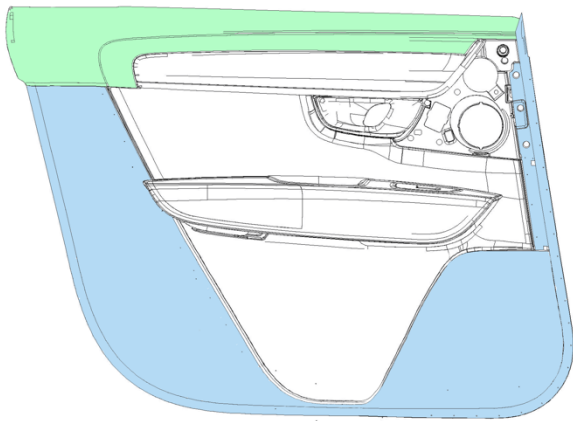
PVC blir instabilt vid uppvärmning och kräver tillsatser och stabilisatorer för att klara av deformation. På grund av dessa tillsatser anses PVC olämpligt för energiåtervinning (Flink, 2017) då man riskerar läckage av bland annat tungmetaller vid förbränning av de stabilisatorer PVC-produkter innehåller (Nationalencyklopedin, 2017b).

Bilaga 7: Konceptgenerering, fas 1

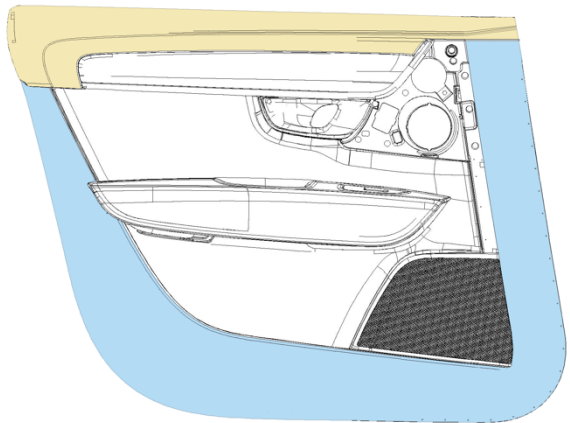
De nio framarbetade koncepten från konceptgenerering fas 1, från vilka fem valdes för vidare analys. Panelens olika delar är färgkodade enligt:

- Vit: Orörd originalpanel från Volvo V90 bakkörrspanel
- Gul: Komponent hämtad från Volvo V90 framdörrspanel
- Blå: Nyttillverkad ram
- Grön: Nyttillverkad waist rail

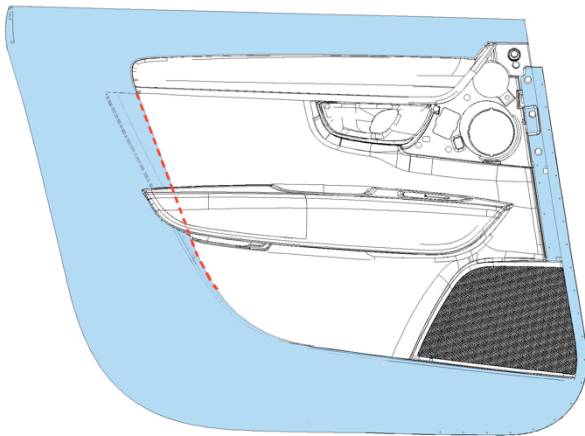




Front View
Scale: 1:2



Front View
Scale: 1:2



Front View
Scale: 1:2

Bilaga 8: Miljöanalys, Volvo S90 limousine mittdörrspanel

Koldioxidanalys på Volvo S90 limousine mittdörrspanel, med enbart materialdata inkluderad. De komponenter som kategoriseras som huvudkomponenter är fetmarkerade. Analysen behandlar det totala koldioxidavtryck panelen åsamkar, inklusive de delar som kasseras (färgkod lila), de delar som återanvänds (färgkod grön) samt de delar som nyttillverkas eller köps in nya (färgkod gul).

Nr.	Delsystem	Material, komponenter	Vikt (kg)	Koldioxid/Kg	CO2/Komponent (kg)
1	Waist rail (0.505kg)	ABS	0.38	5.49	2.086
		Vinyl (PVC)	0.07	2.78	0.195
		PU, PUR	0.055	5.1	0.28
	<i>Bärande konstruktion</i>	ABS	0.51	5.49	2.799
	<i>Klädsel</i>	Läder	0.16	4.5	0.72
	<i>Upphängning</i>	TPE	0.18	1.84	0.331
2	Dekorlist (0.313kg)	ABS+PC	0.208	8.02	1.668
		Aluminium	0.045	6.79	0.305
		Ljuskälla	0.029	9.17	0.265
		Stål	0.031	7.45	0.231
3	Diskanthögtalargaller (0.093kg)	PP	0.093	3.39	0.315
	<i>Högtalargaller</i>	PP	0.093	3.39	0.315
4	Kablar (0.075kg)	PA66	0.025	8.32	0.208
		Tyg	0.009	2.27	0.204
		Koppar	0.02	2.76	0.055
		PVC	0.014	2.78	0.039
		PUR	0.002	4.83	0.009
		Övriga metaller	0.005	6.79	0.033
5	Armstöd (0.485kg)	ABS	0.405	5.49	2.223
		PUR	0.03	4.83	0.145
		PP	0.055	3.39	0.186
		Läder	0.05	4.5	0.225
	<i>Bärande konstruktion</i>	ABS	0.413	5.49	2.267
	<i>Stoppning</i>	PUR	0.03	4.83	0.145
	<i>Klädsel</i>	Läder	0.065	4.5	0.293
6	Bashögtalargaller (0.102kg)	PP	0.103	3.39	0.349
	<i>Bashögtalargaller</i>	PP	0.103	3.39	0.349
7	Inlägg (0.048kg)	TPS	0.048	1.84	0.088
8	Ram (nedre) (0.545kg)	ABS	0.481	5.49	2.641
		Vinyl (PVC)	0.022	2.78	0.061
		Tyg	0.003	2.27	0.007
		Ljuskälla	0.039	9.17	0.357
	<i>Stötskydd</i>	Tyg	0.003	2.27	0.007
	<i>Ljuskälla</i>	Ljuskälla	0.039	9.17	0.357
	<i>Bärande konstruktion</i>	ABS	0.6	5.49	3.294
	<i>Klädsel</i>	Läder	0.37	4.5	1.665
9	Lampa (0.015kg)	Ljuskälla	0.015	9.17	0.138
10	Handtag (0.243kg)	ABS+PP	0.093	8.02	0.746
		Stål	0.15	7.45	1.118
	<i>Handtag</i>	ABS+PP	0.093	8.02	0.746
	<i>Mekanism</i>	Metall	0.15	7.45	1.118
11	Basplatta (0.997kg)	ABS	0.92	5.49	5.051
		Tyg	0.054	3.49	0.188
		ABS+PP	0.02	8.02	0.16
		Metall	0.003	7.45	0.022
	<i>Bärande konstruktion</i>	ABS	0.92	5.49	5.051
	<i>Klädsel</i>	Tyg	0.054	3.49	0.188
	<i>Upphängning</i>	ABS+PP	0.02	8.02	0.16
	<i>Fästanordning</i>	Metall	0.003	7.45	0.022