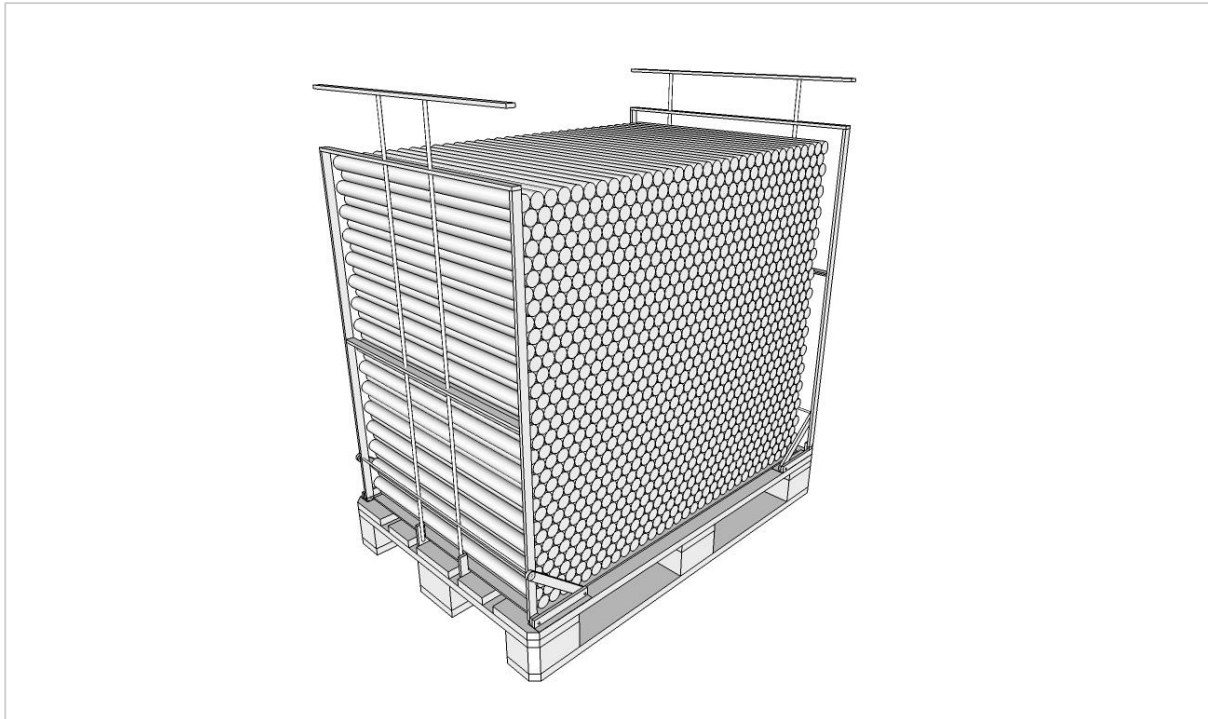


# CHALMERS



## Utveckling och design av lastbärare för interna transporter av presentpapperrullar

### Development and Design of Container for Internal Transport of Wrapping Paper Rolls

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet*

**Simon Damoah**

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik  
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sweden, 2015  
Examinator: Gert Persson, Examensarbete No. 141/2015



---

UTVECKLING OCH DESIGN AV LASTBÄRARE FÖR INTERNA TRANSPORTER AV PRESENTPAPPERRULLAR

*Examensarbete för Högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet*

SIMON DAMOAH

Chalmers Tekniska högskola, 2015

---

Utveckling och design av lastbärare för interna transporter av presentpapperrullar

*Examensarbete för högskoleingenjörsutbildning inom maskinteknik*

SIMON DAMOAH

© SIMON DAMOAH, 2015

Rapport Nr. 141/2015

Institutionen för Material- och Tillverkningsteknik

Chalmers University of Technology

412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

---

## Sammanfattning

Hedlunds Pappersindustri AB tillverkar och säljer presentpapper och är Nordens ledande leverantör av produkter till presentinslagning. De har 34 anställda och fabriken finns i Västra Frölunda söder om Göteborg. En ny tryckpress är under installation som medför möjlighet till en högre produktionstakt och det söks därför en effektivisering av de interna transporterna av presentpapperrullar. I dagsläget sker detta med pappkartonger staplade på EU-pall och det finns en problematik kring detta främst gällande hantering, förvaring och slitage. I det här projektet står Midroc Automation AB för handledning och kontorsplats.

Syftet med projektet är att ta fram en lösning för de interna transporterna av konsumentrullar som är kompatibel med Hedlunds befintliga maskiner samt underlättar för en högre framtida automatiseringsgrad. Hedlunds söker en lösning som är en påbyggnad och/eller modifikation av en europapall. Målet är att ta fram en solidmodell gjord i CAD för vidare prototypframställning och eventuell masstillverkning.

Projektet inleddes med en informationsinsamling i form av en praktik på Hedlunds samt intervjuer med personal. En kartläggning av problematiken med användandet av pappkartonger gjordes och en kravspecifikation för den tänka lösningen sammanställdes. Användande av olika kreativa metoder i samarbete med Midroc och Hedlunds genererade fyra konceptuella lösningsalternativ. De fyra koncepten utvärderades med kriterieviktsmetoden varvid ett slutgiltigt koncept kunde väljas.

Resultatet är en solidmodell av ett ramverk monterat en europapall med en lutningsbar botten som möjliggör tömning av presentpapperrullarna. Konstruktionen är hopvikbar och går således att stapla likt en normal europapall. Viss modifikation av befintliga maskiner krävs för att göra konstruktionen dockningsbar, något som också tagits fram konceptuella lösningar för.

Konstruktionen uppfyller alla krav som ställdes och medför, utöver en effektivisering av de interna transporterna, även en ergonomiskt och arbetsmiljömässigt förbättring.

---

## Abstract

Hedlunds Pappersindustri AB manufactures and sells gift wrapping paper. They are the leading supplier of gift wrapping products of the Nordic countries. The company has 34 employees and the factory is located in Västra Frölunda, south of Gothenburg. They are currently installing a new press which will lead to a higher production rate. Because of this they are looking to improve the efficiency of the internal transports of the wrapping paper rolls which is currently done with cardboard boxes. By doing this, they also hope to eliminate the problems regarding the use, storage and wear of the boxes. The project is tutored by Midroc Automation AB.

The purpose of this project is to develop an internal transport solution that is compatible with the existent machines and that also eases the process to a future higher degree of automation. They are looking for a solutions that uses a euro pallet as a base with modifications done to store and transport the paper rolls. The goal is to make a model in CAD for further development.

The project began with a collection of information done through a short internship. A number of interviews with employees were also conducted. Through a survey of the current problems regarding the use of the cardboard boxes a checklist was made. By using creative methods and also the aid of Midroc and Hedlunds four conceptual solution alternatives were made. The concepts were evaluated with the use of a concept-scoring matrix which lead to the selection a final solution.

The resulting model consists of a framework mounted on a euro pallet with a tiltable bottom so that the container can me emptied. The container is foldable and can be stacked similar to a normal euro pallets. Some modification of the existent machines is needed in order to achieve full functionality of the container. Conceptual solutions for such modifications were also made.

The container meets all the criteria of the checklist and its usage will, in addition to being an ergonomic improvement, also lead to more efficient internal transports.

The report is written in Swedish.

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsningar.....	1
2	Metod.....	2
2.1	Produktutvecklingsprocessen.....	2
2.2	Problembestämmning.....	2
2.3	Kravspecifikation.....	3
2.4	Lösningssökning.....	3
2.5	Utvärdering.....	4
3	Genomförande.....	8
3.1	Nulägesanalys.....	8
3.2	Informationsinsamling och problembestämmning.....	9
3.3	Problembeskrivning.....	10
3.4	Kravspecifikation.....	11
3.5	Lösningssökning.....	12
3.6	Tester.....	16
3.7	Utformning av rullmaskin och packmaskin.....	17
3.8	Koncepten.....	19
3.9	Konceptutvärdering.....	22
3.10	Konceptval.....	24
4	Resultat.....	25
4.1	Solidmodell.....	25
4.2	EU-pall.....	25
4.3	Ramverk A.....	26
4.4	Fästen.....	26
4.5	Ramverk B.....	27
4.6	Botten.....	27
4.7	Vika och stapla.....	28
4.8	Lasta och tömma.....	30
4.9	Material, dimensioner och lastkapacitet.....	30
4.10	Projektets ursprungliga frågeställningar.....	30
5	Diskussion.....	31
5.1	Planering.....	31
5.2	Genomförande.....	31
5.3	Resultat.....	31
5.4	Slutord.....	32

## 1 Inledning

*I följande rapport beskrivs utvecklingen och utformningen av en behållare för presentpapperrullar för interna transporter på Hedlunds Pappersindustri. I detta kapitel ges först en beskrivning av företaget, följt av syftet med projektet, och slutligen de avgränsningar som gjorts.*

### 1.1 Bakgrund

Hedlunds Pappersindustri AB (härefter Hedlunds) tillverkar och säljer presentpapper. Företaget grundades 1961 och är Nordens ledande leverantör av produkter till presentinslagning. De har 34 anställda och fabriken finns i Västra Frölunda söder om Göteborg.

I samarbete med Midroc Automation AB har en ny tryckpress köpts in som är under installation i skrivande stund. Tryckpressen kommer att medföra att produkterna kan tillverkas snabbare, och i samband med denna stora förändring vill man därför också se över de interna transporterna av konsumentrullar. Konsumentrullar är den vanligaste formen av presentpapper som kan hittas i t.ex. dagligvaruhandeln. I dagsläget sker de interna transporterna med pappkartonger och det finns en problematik kring detta främst gällande hantering, förvaring och slitage.

Hantering av pappkartongerna är ett repetitivt arbete som medför många tunga lyft och är ofördelaktigt ur ett ergonomiskt och arbetsmiljömässigt perspektiv. De tar också upp mycket utrymme både i produktionen och på lagret som bättre kan användas till annat. Även slitage är ett problem då de ofta går sönder vid hantering och behöver ersättas. Det finns planer på att automatisera delar av produktionen, ett arbete som till viss del redan påbörjats, och kartongerna är dåligt lämpade för det.

I det här projektet står Midroc för handledning och kontorsplats och Hedlunds är där den tänkta lösningen ska implementeras.

### 1.2 Syfte

Syftet med projektet är att ta fram en lösning för de interna transporterna av konsumentrullar som är kompatibel med Hedlunds befintliga maskiner samt underlättar för en högre framtida automatiseringsgrad. Hedlunds söker en lösning som är en påbyggnad och/eller modifikation av en europapall (hädanefter EU-pall). Målet är att ta fram en solidmodell gjord i CAD för vidare prototypframställning och eventuell masstillverkning. Frågeställningarna som ska uppfylla syftet är följande:

- Hur kan de interna transporterna förbättras ergonomiskt?
- Hur kan de interna transporterna effektiviseras?
- Hur kan den manuella hanteringen av produkterna minimeras?
- Hur ska lösningen göras kompatibel med befintliga maskiner?
- Hur ska lösningen utformas för att maximera utnyttjandet av utrymmet i lager och produktion?
- Går det att ta fram en lösning som kan tillverkas i egen verkstad hos Hedlunds?

### 1.3 Avgränsningar

På grund av den relativt korta tidsperiod som arbetet utförs under kommer endast en solidmodell att tas fram. Fullständiga ritningar och prototyp kommer göras i mån av tid. Kostnad kommer att tas i beaktning men ingen kostnadskalkyl kommer göras.

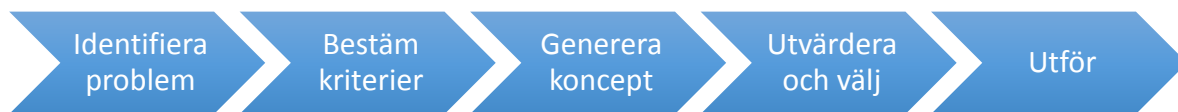


## 2 Metod

Projektets mål är att ta fram en ny produkt och kan benämnas som klassisk produktutveckling. Det finns en mängd olika metoder och arbetssätt som det kan utföras på. Följande kapitel ger en allmän beskrivning av produktutvecklingsprocessen och en specifik beskrivning av de valda metoderna.

### 2.1 Produktutvecklingsprocessen

Produktutveckling har traditionellt gjorts genom att intuitivt ta fram lösningar till ett givet problem utan någon egentlig bakomliggande metod. Ofta skapades prototyper som modifierades vid behov tills en slutgiltig lösning tagits fram. Numera följs ofta ett antal väl definierade steg, dels för att underlätta och effektivisera arbetet men också för få ut bästa möjliga resultat. Dessa steg, eller delmoment, kan ses i figur 2.1. (Johannesson et al., 2004)



Figur 2.1: Produktutvecklingsprocessen

I ett första skede görs en problemanalys som resulterar i en problemformulering. Denna översätts sedan i tekniska kriterier och ligger till grund för en kravspecifikation, dvs. en lista med krav och önskemål på produkten. Nästa steg består i att hitta lösningar med lämplig problemlösningsmetod. Resultatet är ett eller flera lösningsalternativ. Alternativen utvärderas sedan för att hitta den lösning som bäst uppfyller de krav och önskemål som finns. (Johannesson et al., 2004)

I praktiken är det dock ovanligt att delmomenten utförs efter varandra, alltså att ett avslutas innan nästa påbörjas. I praktiken överlappar de och det är vanligt att vissa steg görs om flera gånger. Det beror på att ju längre arbetet gått desto mer information om produkten finns tillgänglig som ändrar förutsättningarna för tidigare delmoment. (Ulrich & Eppinger, 2012)

Att använda sig av systematiska konstruktionsmetoder har både för- och nackdelar. Några fördelar är att det hjälper till att fokusera arbetet på det problem som ska lösas, är självdokumenterande, underlättar samarbete, samt säkerställer att inga viktiga delmoment glöms bort. Det som ofta nämns som nackdelar är att det hämmar kreativiteten, det är tidskrävande, och att generella metoder har ett begränsat värde då konstruktionsproblem ofta är unika. Vilka metoder, om några, som ska användas är en bedömningsfråga. (Johannesson et al., 2004)

### 2.2 Problembestämmning

Första delmomentet är att identifiera problemet, att göra en problembestämmning. Syftet är att klarlägga problemet och dess natur. Detta för att utesluta eventuella missuppfattningar mellan de inblandade parterna men också för att underlätta dokumentationen. Målet är att klargöra vad problemet egentligen är och formulera det så kort och koncist som möjligt, alltså att fastlägga vad produkten ska utträta. Det är inte ovanligt att problembestämmningen får göras om under arbetets gång på grund av otillräcklig information, missuppfattningar, eller att formuleringen utgör ett kreativt hinder. Problembestämmning kallas ibland också för nulägesanalys eller problemanalys. Det finns flera metoder för att bestämma problemet, två av dessa är frågemetoden och situationsbestämning. (Johannesson et al., 2004)

### 2.2.1 Frågemetoden

Frågemetoden bygger på att man genom ett antal frågeställningar riktade till anställda försöker få fram fakta och synpunkter som är till grund för beskrivningen av problemet. Även kallad intervjumetoden (Ulrich & Eppinger, 2012).

### 2.2.2 Situationsbestämning

Situationsbestämning innebär att man besöker platsen där problemet finns och observerar och/eller dokumenterar för att få en uppfattning om de förhållanden som råder. (Johannesson et al., 2004)

## 2.3 Kravspecifikation

Utifrån problembestämningen utformas en lista med kriterier som produkten ska uppfylla. Listan består av krav och önskemål där krav är saker som måste uppfyllas och önskemål är sådant som kan ses som en bonus om de uppfylls. Listan kallas för kravspecifikation eller produktspecifikation och är ett levande dokument. Det vill säga att den ändras ofta under arbetets gång då kunskapen om produkten ökar. (Johannesson et al., 2004)

Kravspecifikationen ska beskriva alla kriterier som är relevanta för den produkt som ska utvecklas och att sammanställa dessa kan vara svårt. Det finns många olika metoder man kan ta hjälp av för att underlätta arbetet. En vanlig metod är att dela in i huvudområden och sammanställa kriterier för respektive område. Exempel på sådana områden är geometri, säkerhet och design. (Beitz & Paul, 2007)

## 2.4 Lösningssökning

Med kravspecifikationen som grund börjar arbetet med att hitta lösningar till problemet, resultatet är ett eller flera koncept som senare tas vidare för utvärdering. För att göra detta är det en bra idé att använda sig av kreativa metoder. Att generera idéer och få igång kreativiteten är något som man har nytta av inom många olika arbetsområden och det finns därför också många olika tillvägagångssätt. Vilken eller vilka metoder som passar bäst för ett projekt är subjektivt, och som med alla kreativa processer finns det inget egentligt rätt eller fel. Valet av metod görs därför ofta av bekvämlighet och erfarenhet. Nedan beskrivs de metoder som använts i projektet. (Johannesson et al., 2004)

### 2.4.1 Brainstorming

Brainstorming går ut på att sammanställa en lista med idéer på lösningar till ett visst problem. Den utförs med fördel i grupp men kan också göras individuellt. Det finns fyra grundregler för brainstorming:

- Kritik är inte tillåten, detta för att främja kreativitet.
- Kvantitet eftersträvas då chanserna att hitta den bästa lösningen ökar ju fler idéer som kommer fram.
- Ovanliga idéer är välkomna, det händer att okonventionella lösningar visar sig vara de bästa.
- Kombinera och komplettera idéer, nya problemlösningar kan uppstå genom att man sammanför olika förslag. (Johannesson et al., 2004)

*(Det finns många olika varianter av brainstorming och har även skrivits den del böcker på ämnet, ovanstående beskriver den variant som använts i projektet.)*

### 2.4.2 Mind map

En mind map är en form av diagram som används för att få en överblick av ett problem eller koncept. Med en bild eller ett ord som utgångspunkt görs associationer genom att dra streck från

utgångspunkten, associationerna byggs sedan på ytterligare. Resultatet blir en karta med tankar och idéer kring ursprungsproblemet. (www.mind-mapping.org, 2015-05-03)

### 2.4.3 Morfologisk matris

Huvudfunktionen delas upp i mindre delfunktioner, och till varje delfunktion anges ett antal dellösningar som sedan förs in i en matris. Genom att välja en dellösning för varje delfunktion fås sedan ett stort antal teoretiska totallösningar. En svårighet med denna metod är att bestämma vilka kombinationer som är praktiskt gångbara då det finns ett stort antal teoretiska totallösningar. Fokus ska ligga på att titta på lösningsvägar som uppfyller kraven. För bästa resultat krävs att delfunktionerna är tydligt beskrivna, gärna med bilder. Metoden går att använda under flera faser av produktutvecklingen men är beroende av att det finns konkreta dellösningalternativ som kan kombineras. (Beitz & Paul, 2007)

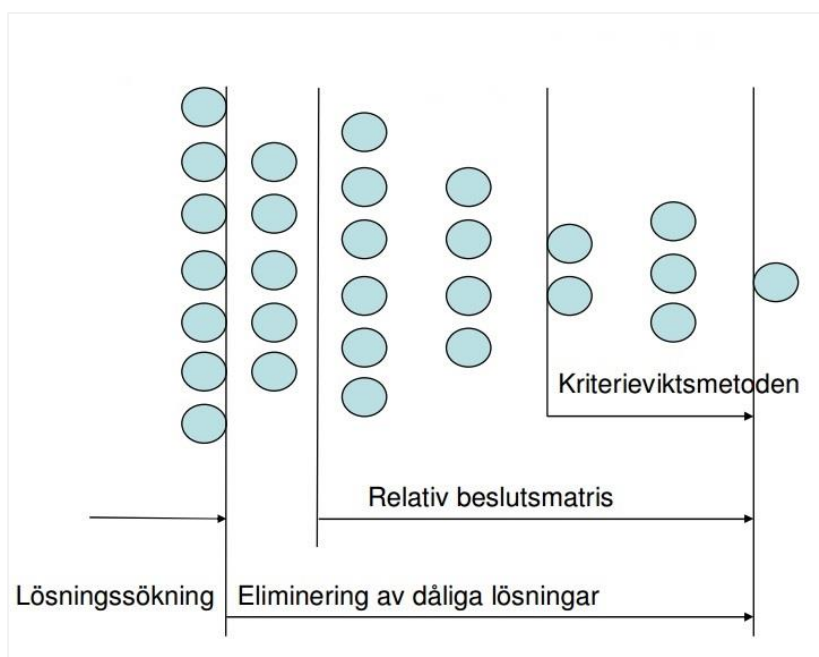
#### Morfologisk matris

Delfunktion	Dellösningalternativ		
Delfunktion 1	Dellösning	Dellösning	Dellösning
Delfunktion 2	Dellösning	Dellösning	Dellösning
Delfunktion 3	Dellösning	Dellösning	Dellösning
Delfunktion 4	Dellösning	Dellösning	Dellösning

Figur 2.2: Morfologisk matris

### 2.5 Utvärdering

Utvärderingsfasen går ut på att jämföra de framtagna lösningalternativen för att hitta det bästa. En till synes enkel uppgift men som i praktiken är förknippad med en del svårigheter. Erfarenhet, kunskap, och favorisering är exempel på saker som gör det svårt att fatta objektiva beslut. Till stöd för att komma fram till och fatta beslut finns även här olika metoder. En illustration av processen kan ses i figur 2.3. (Johannesson et al., 2004)



Figur 2.3: Utvärderingsprocessen

### 2.5.1 Eliminering av dåliga lösningar

I det första steget görs en grov bortsortering av dåliga lösningar, något som ofta redan påbörjats i konceptgenereringsprocessen. De kvarvarande lösningarna undersöks för att se om de löser huvudproblemet, uppfyller kraven, och är realiserbara. De lösningar som uppfyller samtliga kriterier går vidare i processen. I de fall där mer information behövs för att fatta beslut om en lösning ska gå vidare kan t.ex. tester och research vara nödvändig. (Johannesson et al., 2004)

### 2.5.2 Relativ beslutsmatris

Nästa steg är att föra in lösningsalternativen i en relativ beslutsmatris. Syftet är att ytterligare reducera antalet alternativ. Matrisen är utformad enligt figur 2.4.

<b>Relativ beslutsmatris</b>				
<b>Kriterium</b>	<b>1(ref)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Önskemål 1	<b>REFERENS</b>	+	-	+
Önskemål 2		0	-	+
Önskemål 3		-	0	+
Önskemål 4		0	0	0
Krav 1		+	0	+
Krav 2		0	+	0
Krav 3		+	-	+
Summa +		3	1	5
Summa 0		3	3	2
Summa -		1		0
Nettovärde	0	2	-2	5
Rangordning	2	3	4	1

Figur 2.4: Relativ beslutsmatris

I den första kolumnen finns kriterierna, de baseras på önskemålen från kravspecifikationen samt de krav som kan vara bra att överuppfylla. En referenslösning väljs, som kan vara vilket som helst av alternativen, men oftast väljs en redan existerande egen eller konkurrenslösning. Jämförelsen görs genom att alternativen kriterievis jämförs med referenslösningen och beslutar om det är bättre (+), lika bra (0), eller sämre (-). Resultaten förs in och rangordnas, beslut tas sedan om vilka alternativ som ska vidareutvecklas. Innan beslut fattas är det rekommenderat att fundera en extra gång på vad resultaten betyder. Två alternativ med samma eller snarlika nettovärden kan skilja sig vad gäller fördelningen av bedömningarna. Ibland är det möjligt att kombinera flera alternativ för att minimera antalet minustecken och på så sätt ta fram en ny, starkare lösning. Det är alltså vanligt att det under detta steg tillkommer ytterligare alternativ som är kombinationer av de tidigare. Dessa läggs i så fall till övriga alternativen och en ny beslutsmatris görs. Proceduren upprepas tills rangordningen är oförändrad och inga bättre alternativ kan skapas. (Johannesson et al., 2004)

### 2.5.3 Kriterieviktmetoden

I den avslutande delen av utvärderingen jämförs lösningalternativen i en kriterieviktmatris. Både kriterierna och konceptens uppfyllelse av kriterierna vägs in i bedömningen vilket ger en mer precis och rättvis jämförelse. Kriteriernas vikt bestäms med hjälp av en viktbestämningmatris (se figur 2.5). Kriterierna förs in i matrisens rader och kolumner och jämförs parvis. Vid varje parvis jämförelse delar de på värdet 1. Om de bedöms som lika viktiga tilldelas de båda värdet 0.5. Om ett av dem bedöms som viktigare får det värdet 1 och det andra värdet 0. För att tydliggöra ges en närmre titt på figur 2.5.

- Önskemål A bedöms som mer viktigt än önskemål B och tilldelas värdet 1 i B-kolumnen, Önskemål B får således värdet 0 i A-kolumnen.
- Önskemål A bedöms vara lika viktigt som önskemål C och tilldelas värdet 0.5 i C-kolumnen. Önskemål C får således värdet 0.5 i A-kolumnen.
- Önskemål A bedöms som mindre viktigt än Önskemål D och tilldelas värdet 0 i D-kolumnen. Önskemål D får således värdet 1 i A-kolumnen.

De tilldelade värdena summeras radvis i kolumnen "Sum" och utvärderingskriteriet med den högsta summan har därmed den högsta vikten. Om de erhållna summorna för de olika kriterierna divideras med totalvärdet av summavärdena fås de relativa summavärdena i "Sum/Tot"-kolumnen. (Johannesson et al., 2004)

Viktbestämningmatris									
	A	B	C	D	E	F	G	Sum	Sum/Tot= $\sigma_i$
Önskemål A		1	0,5	0	0	0	0	1,5	<b>0,07</b>
Önskemål B	0		0,5	1	1	1	0,5	4	<b>0,19</b>
Önskemål C	0,5	0,5		0	0	0	1	2	<b>0,10</b>
Önskemål D	1	0	1		0,5	0	0	2,5	<b>0,12</b>
Krav E	1	0	1	0,5		1	1	4,5	<b>0,21</b>
Krav F	1	0	1	1	0		0,5	3,5	<b>0,17</b>
Krav G	1	0,5	0	1	0	0,5		3	<b>0,14</b>
							<b>Tot</b>	<b>21</b>	<b>1,00</b>

Figur 2.5: Viktbestämningmatris

Ofta vill man göra om de relativa summavärdena till en viktskala från 1 till 5, 1 till 10, eller 1 till 100, eller liknande. Detta kan göras med hjälp av ekvation 2.1 där  $\sigma_i$  är det relativa summavärde som ska göras om,  $\sigma_{i,max}$  är det maximala relativa summavärdet och  $w_{i,max}$  det maximala värdet på den önskade skalan. Värdena från figur 2.5 omräknade till en viktskala 1-5 kan ses i figur 2.6. (Johannesson et al., 2004)

$$w_i = \left( \frac{\sigma_i}{\sigma_{i,max}} \right) w_{i,max}$$

Ekvation 2.1

Kriteriegradering	$\sigma_i$	$w_i$
Önskemål A	0,07	2
Önskemål B	0,19	5
Önskemål C	0,10	2
Önskemål D	0,12	3
Krav E	0,21	5
Krav F	0,17	4
Krav G	0,14	3

Figur 2.6: Kriteriegradering

För att kunna jämföra de alternativa lösningarna med varandra måste man också beskriva hur bra eller dåligt varje lösning uppfyller varje utvärderingskriterium, alltså bestämma uppfyllelsegraden. Detta gör man genom att sätta ett betyg efter någon vald betygsskala. Det kan vara lämpligt att välja samma upplösning i betygsskalan som man har i utvärderingskriteriernas viktskala. Uppfyllelsegraden benämns  $v$ . Med valda utvärderingskriterier, fastlagda viktfaktorer, och definierade betygsskalor för varje kriterium kan den slutgiltiga utvärderingen enligt kriterieviktsmetoden genomföras. Detta görs i en matris enligt figur 2.7 där utvärderingskriterierna med viktfaktorer lagts in på matrisens rader och lösningsalternativen i dess kolumner. Förutom de kvarvarande lösningsalternativen finns också en teoretisk ideallösning som får högsta betyg på uppfyllelsen av alla kriterier. (Johannesson et al., 2004)

		Kriterieviktsmatris									
Koncept	$w$	Ideal		1		2		3		4	
		$v$	$t$	$v$	$t$	$v$	$t$	$v$	$t$	$v$	$t$
Önskemål A	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Önskemål B	5	5	25	5	25	5	25	5	25	2	10
Önskemål C	3	5	15	0	0	0	0	5	15	4	12
Önskemål D	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
Krav E	4	5	20	5	20	5	20	2	8	5	20
Krav F	4	5	20	4	16	4	16	5	20	5	20
Krav G	1	5	5	4	4	4	4	3	3	5	5
$T = \sum t$		$T_{max} =$	100	$T_1 =$	80	$T_2 =$	80	$T_3 =$	86	$T_4 =$	82
$T_i/T_{max}$			1,00		0,80		0,80		0,86		0,82

Figur 2.7: Kriterieviktsmatris

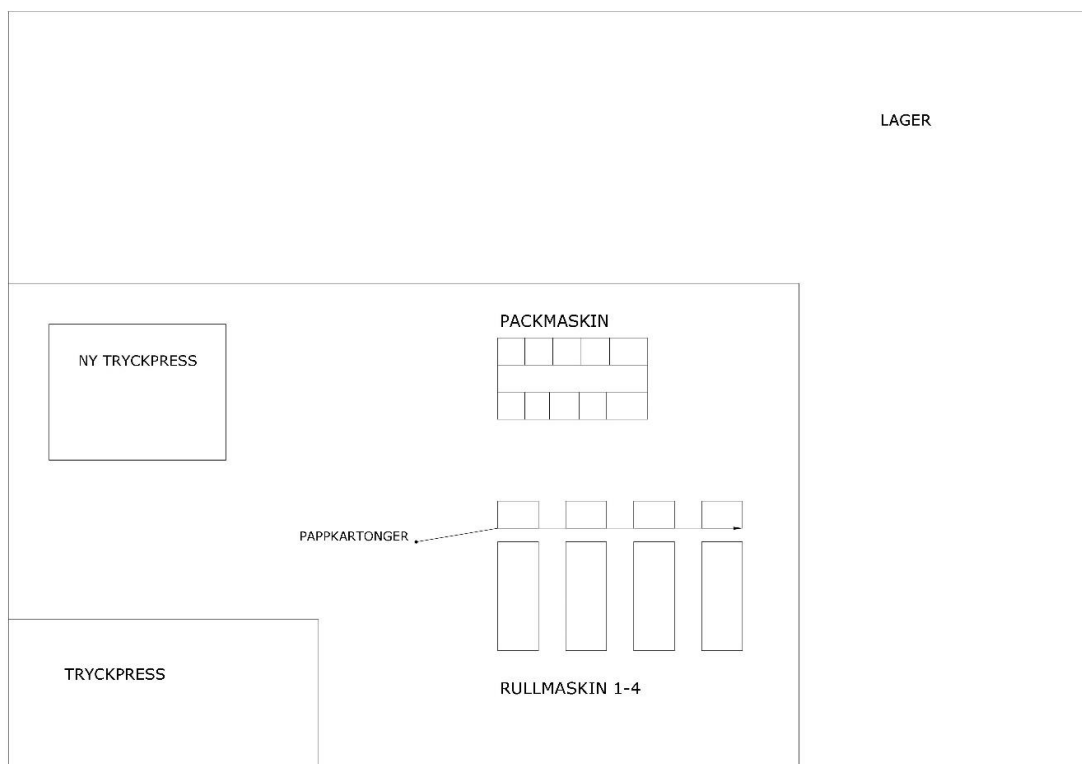
För varje lösnings sätts betyg på dess uppfyllelse av varje kriterium i  $v$ -kolumnen. Detta betyg multipliceras sedan med kriteriets viktfaktor och resultatet, som är bidraget ( $t$ ) på grund av uppfyllelsen av det aktuella kriteriet till alternativets totala meritvärde ( $T$ ), förs in i  $t$ -kolumnen. För ideallösningen, som fått högsta betyg på uppfyllelsen av alla kriterier, erhålls det teoretisk högsta möjliga totala meritvärdet  $T_{max}$ . Det normaliserade totala meritvärdet beräknas för alla lösningsalternativ som kvoten  $T_i/T_{max}$ . Alternativen rangordnas därefter och då får det alternativ som har högst totalt meritvärde (absolut eller normaliserat) den högsta rangen. Som med beslutsmatrisen är det nu en god idé att fundera kring resultatet. Här bör man ha i åtanke det som nämnts tidigare angående favorisering och subjektivitet. Speciellt när det gäller viktning av kriterier som enbart kan bedömas subjektiv såsom t.ex. utseende. Två alternativ kan ha samma eller snarlika betyg där det ena inte har några nackdelar medan det andra har stora fördelar och samtidigt många nackdelar. När ett alternativ valts är utvärderingen avslutad och arbetet med detaljkonstruktion kan fortsätta. (Johannesson et al., 2004)

### 3 Genomförande

I detta kapitel ges information om Hedlunds, följt av en beskrivning av lösningssökningen, och avslutningsvis en presentation och utvärdering av de framtagna koncepten.

#### 3.1 Nulägesanalys

Produktionen av presentpapper görs genom att pappersrullar med längden 150m trycks med ett valt mönster i en tryckpress. Pappersrullarna finns i två bredder, 0,57m och 0,70m. Fyra rullmaskiner plastar in och delar sedan rullarna till mindre konsumentrullar.



Figur 3.1: Överblick av Hedlunds fabrik

Konsumentrullarna faller ner i pappkartonger som finns placerade framför varje rullmaskin (se figur 3.2). Där finns också en pall med hopvikta kartonger samt mellanlägg. Pappkartongen läggs på pall för att sedan packas i packmaskin, packas manuellt eller lagerföras. Pallarna består som mest av fem lager kartonger med mellanlägg mellan varje lager.

I packmaskinen paketeras konsumentrullarna efter order med vald mönsterkombination. Packmaskinen består av tio stycken behållare, fem på varje sida. Varje behållare har kapacitet för



Figur 3.2: Packmaskin (t.v.), rullmaskin (mitten) och pappkartonger på pall (t.h.)



cirka 800 rullar av samma mönster, längd och bredd. Behållarna är placerade ungefär en meter över marken och det finns även ett gångutrymme på vardera sidan, även de cirka en meter över marken. Påfyllningen sker genom att en pall med konsumentrullar höjs upp med hjälp av pallyftare och ställs tätt intill gångutrymmet. En pappkartong lyfts sedan med handkraft och töms i en av packmaskinens behållare. Den manuella packningen gäller främst order från IKEA. Konsumentrullarna packas då om i IKEA-kartonger. Den största delen av produktionen går dock direkt till lagret. Hedlunds producerar mellan 8000 och 40000 konsumentrullar per dag beroende på dess längd. Antalet lagerförda produkter är kraftigt säsongsvarierande med ett maximum i oktober och minimum i januari.

## 3.2 Informationsinsamling och problembestämmning

### 3.2.1 Praktik på Hedlunds

För att få mer information om Hedlunds produktion och de problem som fanns gällande användningen av pappkartonger genomfördes en praktik som bestod i att under tre dagar lära sig de olika arbetsstationerna och respektive arbetsmoment. En rundvandring med arbetsledarna gjordes och det gavs också möjlighet att själv utforska och dokumentera produktion, manuell paketering och lager. Praktiken gav värdefull information om problemen med pappkartongerna och även en hel del idéer på eventuella lösningar.

### 3.2.2 Intervjuer

När den tänkta lösningen är så nära förknippad med personalen så kändes det relevant att få åsikter och synpunkter av dem. Det togs därför fram ett antal frågor för att på ett strukturerat sätt inhämta information om problemen och även idéer kring lösningar. Frågorna som ställdes var:

1. *Vilka problem finns gällande hanteringen av pappkartongerna mellan rullmaskin och lager?*
2. *Vilka problem finns gällande hanteringen av pappkartongerna rullmaskin och manuell-paketering? (IKEA)*
3. *Vilka problem finns gällande hanteringen av pappkartongerna vid packmaskinen?*
4. *Vilka brister finns med användning av pappkartonger?*
5. *Gäller problemet hanteringen av alla typer av konsumentrullar?*
6. *Finns det specifika problem för en viss rullmaskin?*
7. *Vilket arbetsmoment är mest fysiskt krävande?*
8. *Vilket arbetsmoment är mest repetitivt?*
9. *Vad är den vanligaste orsaken till driftstopp?*
10. *Har du själv funderat kring hur det skulle fungera på annat sätt?*

Frågorna visades aldrig för de som intervjuades utan användes som hållpunkter för intervjuaren. Med erfarenhet från praktiken samt tips från produktionschef Mats Jedefeldt valdes fem personer ut för intervju. En sammanställning av de viktigaste punkterna från varje intervju kan ses nedan, de idéer de intervjuade hade kring lösningar tas dock upp i ett senare kapitel.

#### 3.2.2.1 Linda, 31 år, Produktionsledare, anställd sedan 2009

- Olika storlekar av kartonger ger olika höga pallar.
- Det krävs många pall med tomma hopvikta kartonger eftersom varje sort behöver finnas på golvet, speciellt om olika rullmaskiner kör olika order.
- Fastnar vid byte.
- Går sönder i botten.
- Pallläggning av lådor måste göra noggrant för att de enkelt ska kunna köras in i stallagen, detta gäller speciellt mellanlägggen.



3.2.2.2 *Baktash, 42 år, Produktionsarbetare, anställd sedan 2014*

- Bärandet tär på ryggen, speciellt 10-meters rullar.
- Vika kartonger tar mycket tid.
- Hanteringen.

3.2.2.3 *Anna, 37 år, Assisterande Produktionsledare, Anställd sedan 2007*

- Tunga lyft, speciellt vid 5e lagret
- Ergonomi, lyft till knepiga vinklar
- Vikandet, skärsår
- Går sönder

3.2.2.4 *Mani, 29 år, Mekaniker, Anställd sedan 2014*

- Tunga lyft.
- Det måste köpas nya kartonger ofta eftersom de slits snabbt.
- Hanteringen tar tid från annat.

### 3.3 Problembeskrivning

*Resultatet av problembestämmningen är nedanstående problembeskrivning som har delats upp i följande fem områden.*

#### 3.3.1 Vikning

Innan och efter användning ska kartongerna vikas för att lättare kunna förvaras. På grund av kartongernas låga kapacitet, ca 100 rullar, så tar detta upp en stor del av arbetstiden. Det är också vanligt att personalen skär sig på kartongerna.

#### 3.3.2 Lyft

Vid rullmaskinerna sker pallläggningen manuellt och medför många lyft, ofta över huvudet. Även vid packmaskinen är de lyftande arbetsmomenten många och är på grund av dess utformning svåra att utföra ergonomiskt korrekt. Det har förekommit skador på personalen till följd av detta.

#### 3.3.3 Slitage

Då pappkartongerna är gjorda utav wellpapp så är slitaget högt vilket minskar hållfastheten och får som följd att de går sönder vid hanteringen. Slitaget medför också att de ofta behövs köpas in nya kartonger.

#### 3.3.4 Förvaring

Pappkartongerna finns i fyra olika utföranden. Eftersom de måste skiljas åt så tar upp stor plats, dels i produktionen och dels på lagret. Det gäller speciellt om varje rullmaskin kör olika order med olika längd, då krävs att det finns rätt sorts kartong framför varje. Den manuella pallläggningen ställer också krav på noggrannhet då det uppstår problem vid lagerföringen om inte kartongerna lagts ordentligt på pallen. Ovanstående gäller även för de mellanlägg som används för att stabilisera pallen.

### 3.4 Kravspecifikation

Med problembeskrivningen som grund utarbetades i samråd med Hedlunds samt handledare på Midroc följande kravspecifikation. Kraven och önskemålen har kategoriserats.

Krav och önskemål	K/Ö
<b>Funktion</b>	
Bära last, konsumentrullar	K
Möjliggöra förflyttning av last, konsumentrullar	K
<b>Brukning och ergonomi</b>	
Enkel att hantera	Ö
Staplingsbar (med produkter)	Ö
Staplingsbar (utan produkter)	K
Möjliggöra hantering med pallyftare	K
Möjliggöra hantering med truck	K
Möjliggöra dockning till rullmaskin	K
Möjliggöra dockning till packmaskin	K
Enkel att underhålla	Ö
Enkel att rengöra	Ö
Möjliggöra manuell transport utan hjälpmedel	Ö
Underlätta för framtida automatisering	Ö
Brukande av behållaren ska ske vid marknivå	Ö
Hopvikbar	K
<b>Geometri och vikt</b>	
Längd 120cm	K
Bredd 80cm	K
<b>Säkerhet</b>	
Personsäker	K
Produktsäker	K
<b>Ekonomi och tillverkning</b>	
Minimera kostnad	Ö
Möjliggöra produktion i egen verkstad	Ö
Maximera last av konsumentrullar	Ö
<b>Design</b>	
Lågt antal delar	Ö
Estetiskt tilltalande	Ö
Enkel konstruktion	Ö

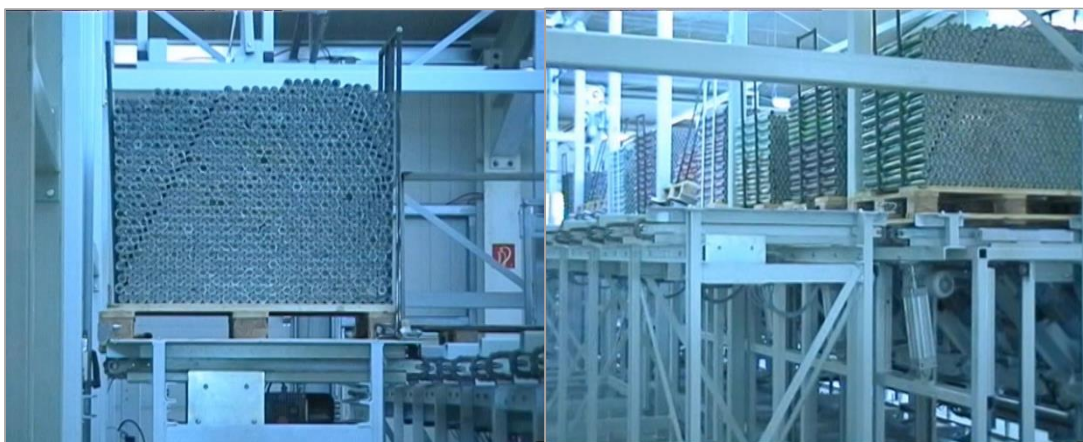
Figur 3.3: Kravspecifikation

### 3.5 Lösningssökning

I detta kapitel beskrivs de olika metoder som använts för att hitta lösningar till problemet. Det fanns tidigt en hel del idéer på lösningar men för att generera ytterligare användes kreativa metoder. Metoderna kombinerades ofta och gjordes om flertalet gånger. I slutet av kapitlet presenteras de koncept som togs vidare för utvärdering.

#### 3.5.1 Marknadsanalys/research

Under ett första möte med Hedlunds visades en film på hur man hos ett konkurrerande företag sökt lösa det aktuella problemet. Produktionen var där helt automatiserad och skiljde sig därmed från Hedlunds. Principen för det racksystem som företaget använde går dock att applicera även på Hedlunds problem. Det fanns alltså tidigt i projektet en bra utgångspunkt av den tänkta lösningen som kan beskrivas som en modifiering av en EU-pall som möjliggör transport av konsumentrullar samt dockning till pack- och rullmaskin (se figur 3.4).



Figur 3.4: Konkurrerande företags lösning

I ett försök att hitta fler lösningsalternativ gjordes sökningar i diverse databaser. Det söktes information om hantering och förvaring av långsmala rörformiga produkter som t.ex. sugrör, timmer, godis, toalettpapper, plaströr m.m. Svårigheten låg i att hitta något som var applicerbart för det givna problemet, de lösningar som var mest intressanta gällde sugrörsbehållare (se figur 3.5).



Figur 3.5: Sugrörsbehållare

### 3.5.2 Idéer från personal

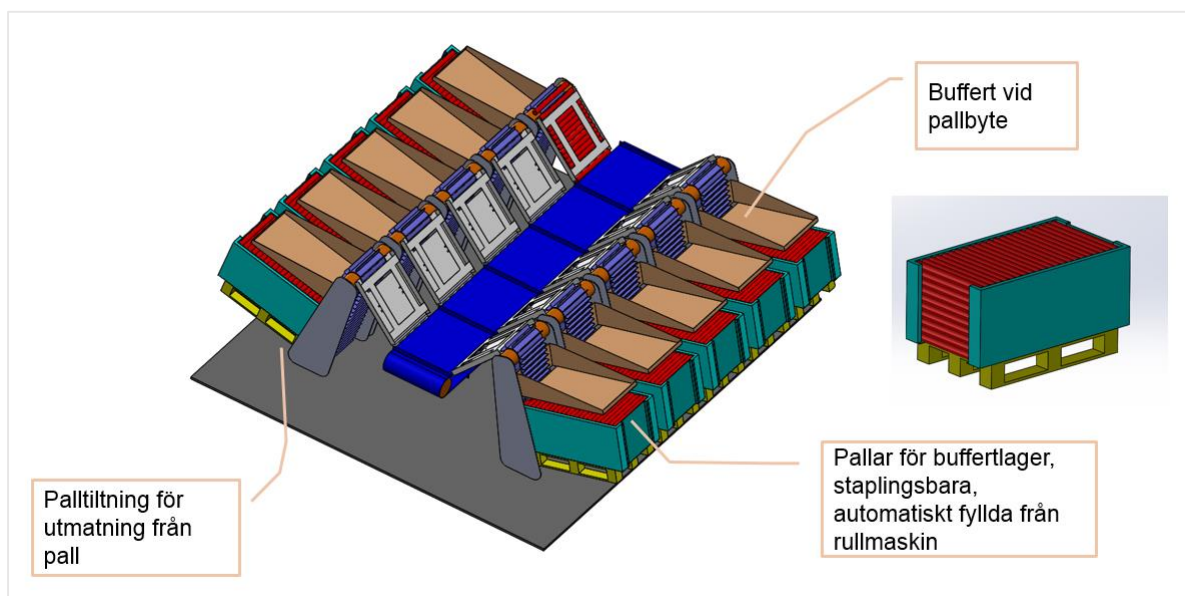
Under intervjuerna frågades personalen om de hade några idéer om lösningar. De flesta av dem gjorde liknelser med sophantering, speciellt tömning av sopbehållare i sopbil. Många beskrev också ett eventuellt problem med att staplingen av flera rullar skulle medföra deformation av de som ligger underst.



Figur 3.6: Sopor töms i sopbil

### 3.5.3 Graniten

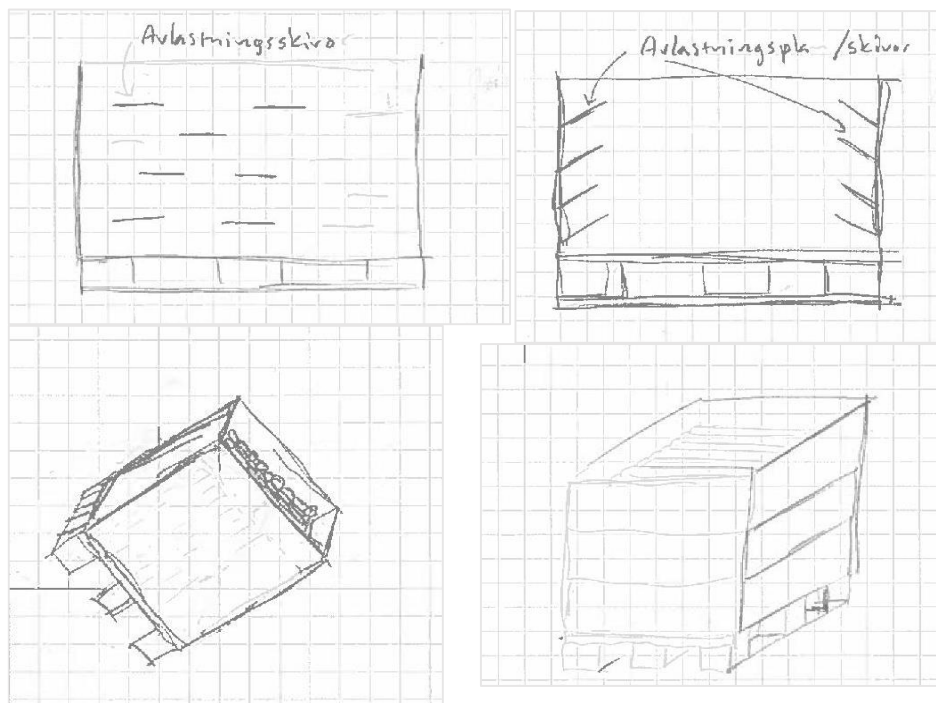
Utöver tryckpressen kommer även packmaskinen att byggas om för att förbättra produktionsflödet och Hedlunds har därför anlitat konstruktionsfirman Graniten. Utformning av både packmaskin och den nya behållaren är starkt beroende av varandra och därför gjordes ett studiebesök hos Graniten. Under mötet visade Graniten en konceptuell skiss på en ny packmaskin där även en lösning på behållaren finns (se figur 3.7).



Figur 3.7: Granitens koncept för packmaskin och behållare

### 3.5.4 Brainstorming

Vid en första brainstorming antogs att rullarnas vekhet var begränsade för antalet som kunde läggas på varandra utan deformation i bottenlagren. Olika lösningar för hur man kunde avlasta vikten och på så sätt minimera deformationen söktes. En lösning var att ha rullarna stående i behållaren. De andra byggde på olika typer av avlastningsfunktioner.



Figur 3.8: Tidiga skisser

### 3.5.5 Morfologisk matris

För att göra problemet mer överskådligt användes en morfologisk matris. Huvudfunktionen delades upp i delfunktioner och lösningar till dessa söktes. Man funderade också kring antagna problem med respektive delfunktion. Även metoderna mind map och brainstorming användes för att söka lösningar till delfunktionerna som delades upp i: lasta, hålla, tömma, stapla, vika. Nedan listas delfunktionerna tillsammans de antagna problemen samt tidiga lösningsalternativ.

#### 3.5.5.1 Lasta

**Funktion:** Lasta konsumentrullar i behållaren, något som egentligen beror på rullmaskinens utformning men ändå är något som behöver lösas i åtanke då behållaren ska kunna dockas.

**Antagna problem:** Rullar som studsar och hamnar i oordning.

**Dellösningalternativ:** Det finns två alternativ. Antingen görs lastningen på samma sätt som idag, det vill säga direkt från rullmaskinen till behållaren. Eller så har man ett rullband mellan rullmaskin och behållare, denna lösning medför att behållaren kan göras högre och därmed ta mer rullar.

#### 3.5.5.2 Hålla

**Funktion:** Hålla och möjliggöra transport av konsumentrullar.

**Antagna problem:** Deformation av rullar i bottenlagren samt att de glider av vid transport.

**Dellösningalternativ:** Dellösningarna bygger på olika sorters avlastning samt långsidor (se figur 3.8).

### 3.5.5.3 Stapla

**Funktion:** Stapla behållare

*Antagna problem:* Enligt kravspecifikationen ska behållaren både vara hopvikbar och staplingsbar. I hopvikt läge, utan produkter, kan delfunktionen relativt enkelt konstrueras dock med risk att behållarna glider gentemot varandra. För uppfällda behållare krävs en mer avancerad konstruktion, det antas också att stabiliteten kan utgöra ett problem.

*Dellösningalternativ:* Delfunktionen anses vara en detaljkonstruktionsfråga och tas upp i ett senare skede då övriga lösningar valts.

### 3.5.5.4 Vika

**Funktion:** Minimera volym för tom behållare.

*Antagna problem:* Dellösningarna bygger alla på samma princip, att fälla sidorna in mot mitten, de antagna problemen blir därför helt beroende av vilka övriga lösningar som väljs.

*Dellösningalternativ:* Fälla sidorna in mot mitten av behållaren.

### 3.5.5.5 Tömma

**Funktion:** Tömma behållare

*Antagna problem:* Utformningen av tömningsfunktionen och packmaskinen är starkt beroende av varandra och går därför inte att hålla isär. Problemet här gäller främst kravet att behållaren ska brukas på marknivå. Hur ska behållaren tömmas utan att höja den? Problematiken skiljer sig också beroende på vilken dellösning man väljer. En viktig fråga är om det mellan behållaren och packmaskinen ska finnas en buffert.

*Dellösningalternativ:* Kan tömmas från botten genom att göra en eller båda kortsidorna öppningsbara. En fåra i sidan som möjliggör tömning med rullband enligt Granitens konstruktion (se figur 3.7). Ett annat alternativ är att tömningen sker liknande sopbehållare i sopbil.

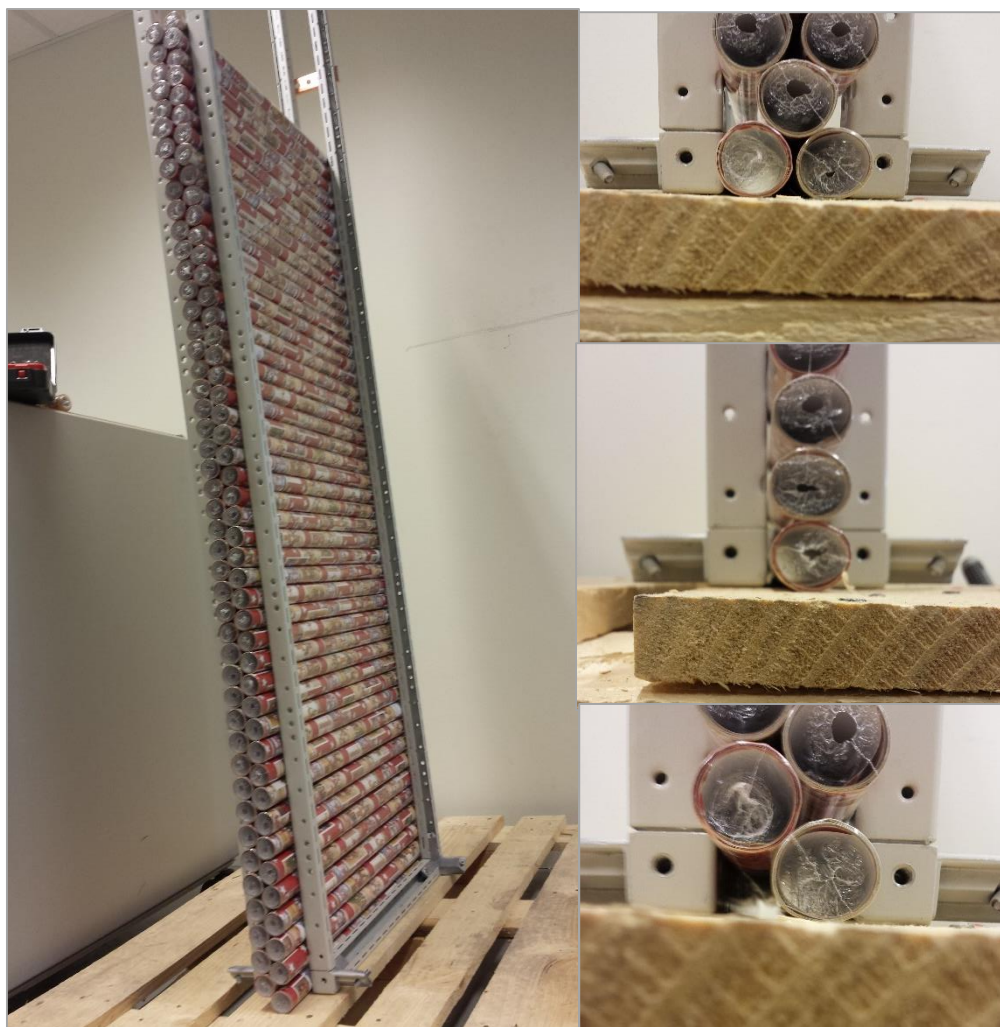


### 3.6 Tester

Det fanns många frågetecken gällande de antagna problemen och huruvida de är problem överhuvudtaget, det gjordes därför ett antal tester.

#### 3.6.1 Deformation i botten

Testet gjordes för att utreda huruvida rullarnas vekhet var en begränsning. Man ville se hur många rullar som kan staplas på varandra utan att deformation sker. För ändamålet konstruerades en testrigg i verkstaden på Midroc.



Figur 3.9: Testrigg och de olika lastfallen

Testerna gjordes med två olika sorters rullar, 10x0,7m och 2x0,7m. De två sorterna staplades på tre olika sätt för att få med flera lastfall. Av testerna framgick att det utan märkbar deformation går att stapla rullarna till en höjd av 1.50m. Då den maximala höjden av behållare som efterfrågats av Hedlunds är 1.20m gjordes inga fler tester. Slutsatsen var alltså att rullarnas vekhet inte utgör något problem i detta avseende.

### 3.6.2 Studsande rullar

Det antagna problemet som utgör grunden för detta test är att rullarna studsar när det släpps från en hög höjd och riskerar att hamna snett i behållaren. I detta fall gjordes enkla tester hos Hedlunds genom att släppa olika rullar från olika höjder upp till 1.20m. Testerna visade på att om rullarna hamnar snett eller ej beror på hur de släpps. Studsande förekom men avtar ju längre rullarna blir. Studsandet i sig är inget problem så länge de släpps med rullarnas längdriktning parallell med marken. Det är något som beror på rullmaskinen och för de som används idag är det inget problem. Tester gjordes också från det rullband som finns hos Hedlunds, resultatet var detsamma.



Figur 3.10: Rullband hos Hedlunds

### 3.6.3 Glidande rullar

Det antagna problemet var att rullarna glider av vid transport ifall behållaren inte har några långsidor. Testet gjordes genom att stapla rullar på en pall med enbart kortsidor och transportera rullarna. Testet visade att rullarna glider av om transporten sker vårdslöst, med det menas kraftiga svängar, hastiga stopp osv. Sker transporten på samma sätt som de görs i produktionen idag finns dock ingen risk för att rullarna glider av.

## 3.7 Utformning av rullmaskin och packmaskin

Projektets mål var att ta fram en lösning för de interna transporterna av konsumentrullar som är kompatibel med Hedlunds befintliga maskiner samt underlättar för en högre framtida automatiseringsgrad. Initialt antogs att det enbart innefattade att ersätta pappkartongerna med ett bättre alternativ. Det visade sig dock under arbetets gång att flera av delfunktionerna på behållaren är helt eller delvis beroende av utformningen av rullmaskin och packmaskin. På grund av detta behöver beslut tas gällande delfunktionerna lasta och tömma.

### 3.7.1 Rullband

Delfunktionen lasta kan ske antingen med eller utan rullband. Att använda rullband gör att en högre behållare med större lastkapacitet kan användas men också att rullarna behöver släppas från en



högre höjd med risk för studsande rullar. Tester visade dock att det inte utgör något problem och därför gjordes valet att använda rullband.

### 3.7.2 Långsidor

Utformandet av långsidorna på behållaren påverkar alla delfunktioner, så även lasta och tömma. De idéer för totallösningar som fanns vid det här läget var alla snarlika varandra. De skillnaderna som fanns var hur tömningsfunktionen var utformad samt om det ska finnas långsidor eller inte. Vad gäller långsidornas utformning så går det att dela in i tre kategorier:

1. Fasta långsidor på behållare
2. Löstagbara och anpassningsbara långsidor på behållare
3. Fasta långsidor på rull- och packmaskin

För att underlätta både den fortsatta lösningssökningen och den efterföljande utvärderingen av lösningsalternativen och krävs beslut om och hur långsidor ska användas. Att alternativen är lika gör det ju möjligt att senare ändra sig i detta avseende. För att fatta ett beslut jämfördes fördelarna med nackdelarna.

Fördelarna med de första två alternativen är att de ger en högre produktsäkerhet då de är mer skyddade från omgivningen. Speciellt vid transport så elimineras risken att produkterna glider av. Nackdelarna är den högre kostnaden per behållare samt att det kan bli svårare att göra behållaren hopvikbar.

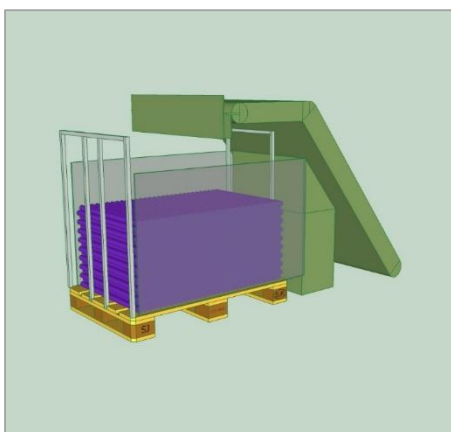
Om långsidorna sitter fast på rull- och packmaskin elimineras nackdelarna med de tidigare alternativen. En tänkbar nackdel är produktsäkerheten vid transport. Testerna gällande glidande rullar visade däremot att detta inte utgör något problem så länge transporten inte sker vårdslöst. Att inte ha långsidor gör det också lättare att manuellt hantera produkterna vid behov. För den fortsatta lösningssökningen valdes därför alternativ tre: fasta långsidor på rullmaskin och packmaskin.

### 3.7.3 Buffert

Hedlunds har uttryckt önskemål om att använda sig av ett buffertsystem vid tömningen av behållaren för att skapa ett bättre produktionsflöde. Alla lösningar kommer därför att utformas med en buffert på packmaskinen.

### 3.7.4 Rullmaskin och packmaskin

Principen för hur lastningen fungerar med långsidor och rullband monterade framför rullmaskinen kan ses i figur 3.11. Utformningen av en buffert vid packmaskinen skiljer sig för de olika koncepten och presenteras i nästa kapitel tillsammans med respektive koncept.



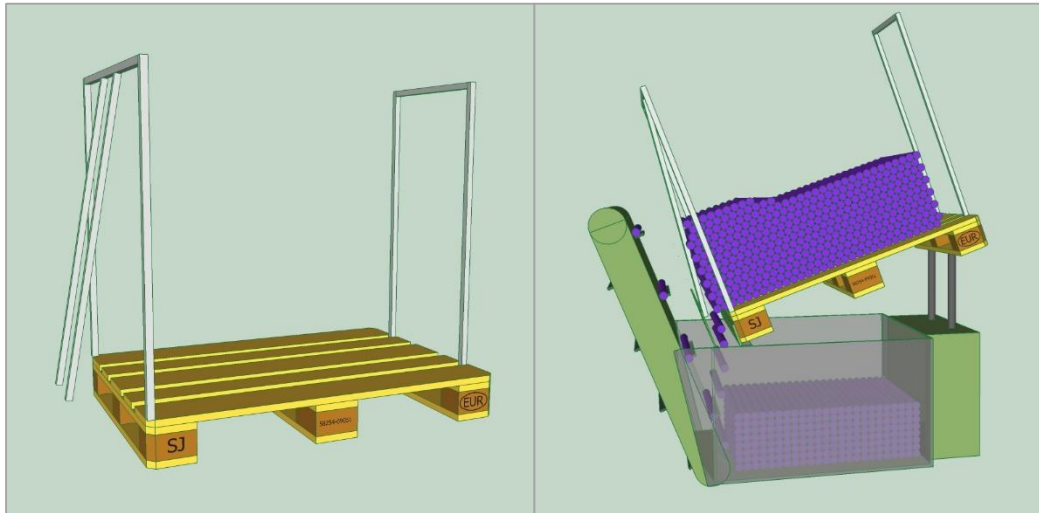
Figur 3.11: Rullband och långsidor framför rullmaskin

### 3.8 Koncepten

Med tidigare information som grund har fyra koncept tagits fram. Gemensamt för alla är att de inte har några långsidor samt att de töms i en buffert. Packmaskinens utformning skiljer sig något mellan koncepten och presenteras tillsammans med respektive koncept.

#### 3.8.1 Koncept 1

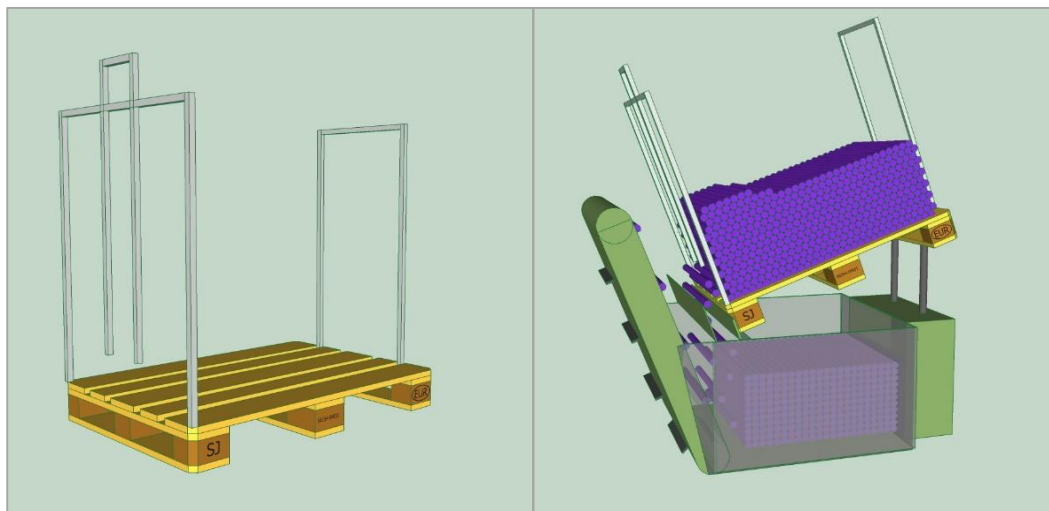
Bygger på en metallram där ena kortsidan delvis går att fälla ut för att möjliggöra tömning. För att tömma behållaren ställs den ovanpå ett tråg som fungerar som buffert till packmaskinen, kortsidan fälls ut och hela pallan tippas och släpper rullarna ner i tråget. Kortsidorna kan fällas in mot mitten för att möjliggöra stapling av flera behållare utan produkter.



Figur 3.12: Koncept 1

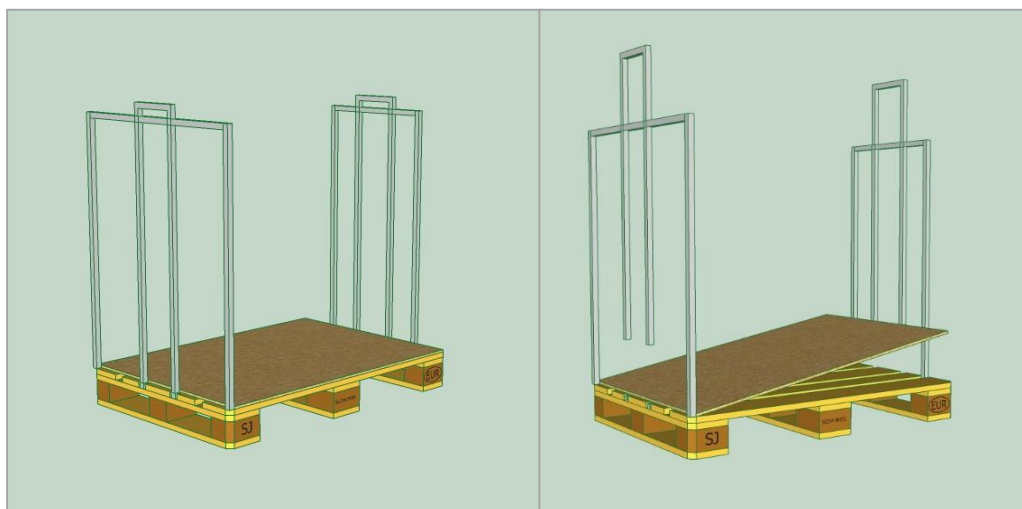
#### 3.8.2 Koncept 2

Samma som koncept 1 med skillnaden att kortsidan här öppnas genom att skjutas upp.



Figur 3.13: Koncept 2

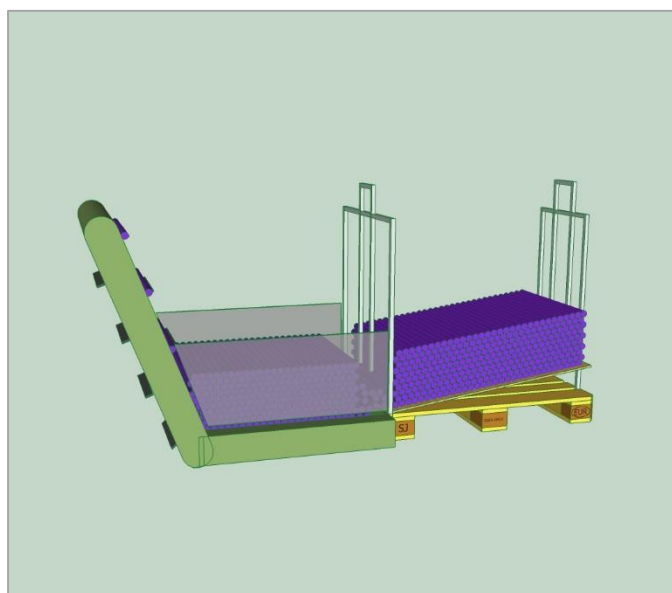
### 3.8.3 Koncept 3



Figur 3.14: Koncept 3

Metallram där det som i koncept 2 går att skjuta upp ena kortsidan för att möjliggöra tömning. Den andra kortsidan och botten är sammankopplade. Det gör att botten går att luta genom att röra kortsidan uppåt.

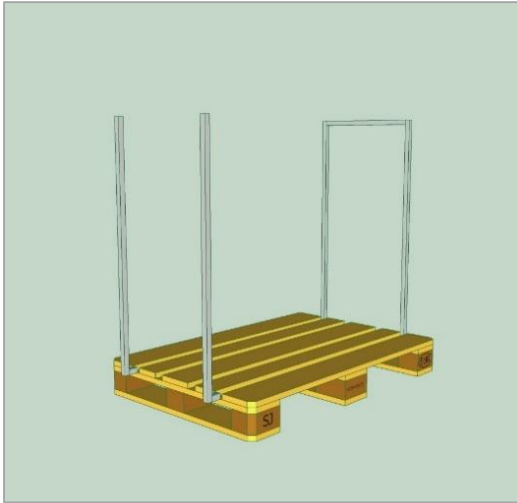
Tömning görs genom att behållaren dockas till en buffert på marknivå, kortsidorna skjuts uppåt vilket gör att botten lutar samt att ena kortsidan öppnas. Kortsidorna kan fällas in mot mitten för att möjliggöra stapling av flera behållare.



Figur 3.15: Tömning av koncept 3

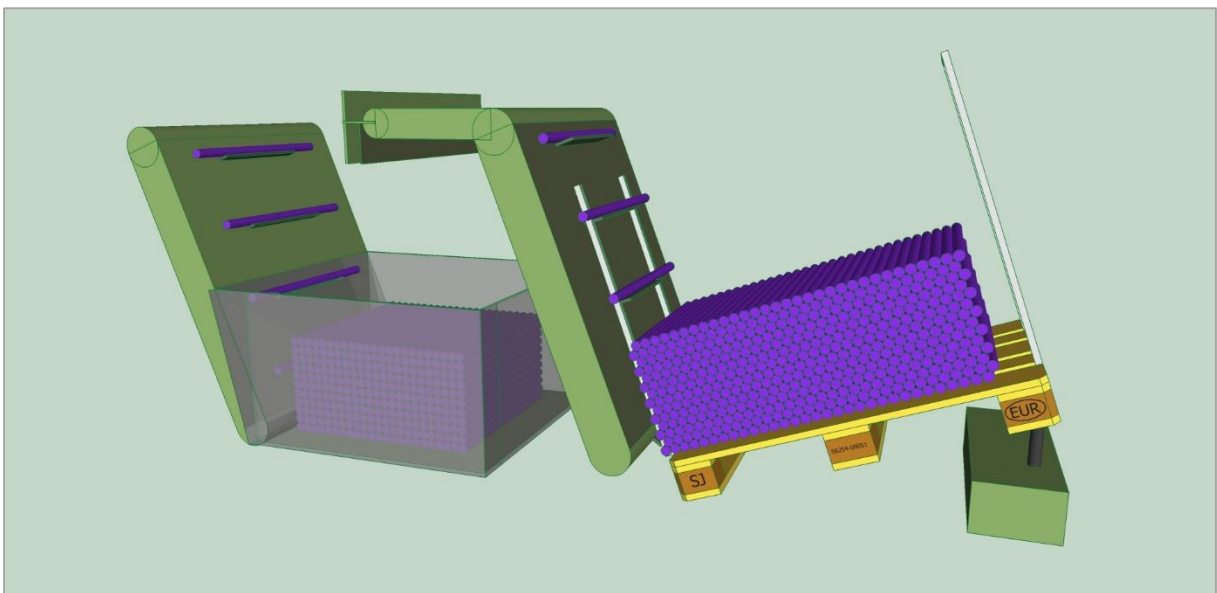
### 3.8.4 Koncept 4

Granitens lösning där långsidorna tagits bort. Metallram som i ena kortsidan sticker ut något från pallen för att möjliggöra tömning.



Figur 3.16: Koncept 4

Tömningen sker genom att behållaren ställs emot ett rullband och lutas. Den utstickande kortsidan gör att ett rullband kan plocka upp rullarna för tömning i en buffert. Vid behov kan buffert väljas bort och rullarna töms direkt i packmaskin. Kortsidorna kan fällas in mot mitten för att möjliggöra stapling av flera behållare.



Figur 3.17: Tömning av koncept 4

### 3.9 Konceptutvärdering

De framtagna koncepten utvärderades med hjälp av en beslutsmatrix samt kriterieviktmetoden. För att behålla objektiviteten har alla kvarvarande alternativ jämförts med långsidor på rullmaskin samt tömning i buffert.

#### 3.9.1 Relativ beslutsmatrix

Koncepten fördes in i en relativ beslutsmatrix. Som referens används koncept 1. De kriterier som använts är de relevanta kraven och önskemålen från kravspecifikationen.

<b>Relativ beslutsmatrix</b>				
<b>Kriterium</b>	<b>1(ref)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Önskemål 1	<b>REFERENS</b>	+	-	+
Önskemål 2		0	-	+
Önskemål 3		-	0	+
Önskemål 4		0	0	0
Krav 1		+	0	+
Krav 2		0	+	0
Krav 3		+	-	+
Summa +		3	1	5
Summa 0		3	3	2
Summa -		1		0
Nettovärde	0	2	-2	5
Rangordning	2	3	4	1

Figur 3.18: Relativ beslutsmatrix

Som kan ses i matrisen blev resultatet att koncept 4 var det bästa alternativet, följt av koncept 1 och 2, med koncept 3 på lägst betyg. En närmre titt på nettovärdena för respektive koncept visar att de dock inte skiljer sig nämnvärt och ytterligare utvärdering behövdes vilket var ganska väntat då koncepten är lika.

#### 3.9.2 Kriterieviktmatris

Med hjälp av en kriterieviktmatris görs en mer precis jämförelse genom att vikta kriterierna i kombination med att uppfyllelsen av varje kriterium för respektive koncept vägs in. Kriterierna som använts är samma som för beslutsmatrisen och som ett första steg i jämförelsen viktas de med hjälp av en viktbestämningmatris.

## 3.9.3 Viktbestämningssmatris

Den parvisa jämförelsen gjordes med en viktbestämningssmatris tillsammans med Hedlunds samt handledare på Midroc och kan ses i figur 3.19.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Sum	Sum/Tot
A Staplingsbar (med produkter)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
B Staplingsbar (utan produkter)	1		0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5	5	0,15
C Möjliggöra hantering med pallyftare	1	0.5		0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1	0.5	3	0,09
D Möjliggöra hantering med truck	1	0.5	0.5		0.5	0.5	1	0.5	0.5	1	0.5	3	0,09
E Möjliggöra dockning till rullmaskin	1	0.5	0.5	0.5		0.5	1	1	0.5	1	0.5	4	0,12
F Möjliggöra dockning till packmaskin	1	0.5	0.5	0.5	0.5		1	1	0.5	1	0.5	4	0,12
G Enkel att underhålla	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	0,03
H Brukande på marknivå	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	1		0.5	1	0	3	0,09
I Kostnad	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5		1	0	3	0,09
J Enkel konstruktion	1	0	0	0	0	0	1	0	0		0	2	0,06
K Säkerhet	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1		5	0,15

Figur 3.19: Viktbestämningssmatris

Det fanns svårigheter med att göra objektiva bedömningar då de flesta kriterier är krav. Resultatet innehåller därför många betyg som är 0.5 och alltså bedömts som lika viktiga. Enligt matrisen är de viktigaste kriterierna att produkten är säker och staplingsbar utan produkter (hopvikt). De som är minst viktigt är att den är enkel att underhålla samt staplingsbar utan produkter. Resultaten gjordes om till en femgradig enligt figur 3.20.

Kriterier	Sum/Tot	w
A Staplingsbar (med produkter)	0,00	0
B Staplingsbar (utan produkter)	0,15	5
C Möjliggöra hantering med pallyftare	0,09	3
D Möjliggöra hantering med truck	0,09	3
E Möjliggöra dockning till rullmaskin	0,12	4
F Möjliggöra dockning till packmaskin	0,12	4
G Enkel att underhålla	0,03	1
H Brukande på marknivå	0,09	3
I Kostnad	0,09	3
J Enkel konstruktion	0,06	2
K Säkerhet	0,15	5

Figur 3.20: Kriteriegradering

De viktade kriterierna fördes in i kriterieviktmatrisen och kan ses i figur 3.21 nedan.

Koncept		Kriterieviktmatris											
		Ideal			1		2		3		4		
	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t		
A Staplingsbar (med produkter)	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
B Staplingsbar (utan produkter)	5	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25		
C Möjliggöra hantering med pallyftare	3	5	15	0	0	0	0	5	15	4	12		
D Möjliggöra hantering med truck	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15		
E Möjliggöra dockning till rullmaskin	4	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20		
F Möjliggöra dockning till packmaskin	4	5	20	4	16	4	16	5	20	5	20		
G Enkel att underhålla	1	5	5	4	4	4	4	3	3	5	5		
H Brukande på marknivå	3	5	15	0	0	0	0	5	15	4	12		
I Kostnad	3	5	15	3	9	4	12	2	6	5	15		
J Enkel konstruktion	2	5	10	4	8	4	8	3	6	5	10		
K Säkerhet	5	5	25	3	15	3	15	3	15	1	5		
<b>T = <math>\Sigma t</math></b>			16	T <sub>1</sub>	11	T <sub>2</sub>	11	T <sub>3</sub>	14	T <sub>4</sub>	13		
<b>T<sub>i</sub>/T<sub>max</sub></b>		T <sub>max</sub> =	5	=	2	=	5	=	0	=	9		
			1,00		<b>0,68</b>		<b>0,70</b>		<b>0,85</b>		<b>0,84</b>		

Figur 3.21: Kriterieviktmatris

De viktade kriterierna har förts in i kolumn w. I kolumn v har även uppfyllesegraden för varje kriterium och respektive koncept förts in. Detta gjordes genom en relativ jämförelse på ungefär samma sätt som i beslutsmatrisen. Med kriterium J som exempel kan ses att koncept 4 bedömts ha den enklaste konstruktionen och har därför fått betyg 5, koncept 1 och 2 fick 4 då de innehåller fler rörliga delar, och 3 poäng gavs till koncept 3. Även här fanns svårigheter med att göra objektiva bedömningar eftersom koncepten är odetaljerade men också på grund av favorisering och oerfarenhet.

### 3.10 Konceptval

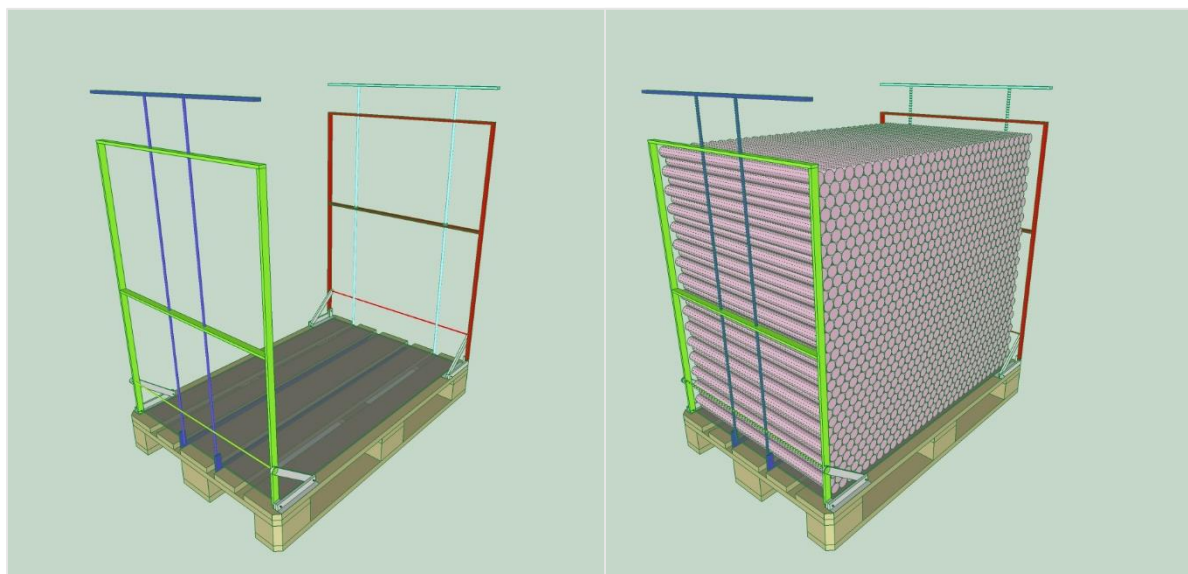
Två av koncepten, koncept 3 och 4, fick så gott som identiska resultat i utvärderingen men valet föll slutligen på koncept 3. Anledningen var till viss del för att koncept 4 bedömts vara svårt att få till i praktiken då man antog att det skulle bli problem med deformation av rullarna vid tömning, ett problem som skulle vara svårt att lösa konstruktionsmässigt. Till största del beror dock valet på att Hedlunds ansåg att koncept 3 på bästa sätt uppfyllde kraven och önskemålen.

## 4 Resultat

I detta kapitel ges en beskrivning av projektets resultat i form av en solidmodell. Inledningsvis ges en allmän beskrivning som följs av en mer detaljerad beskrivning av modellens delar. Avslutningsvis görs en återkoppling till projektets ursprungliga frågeställningar.

### 4.1 Solidmodell

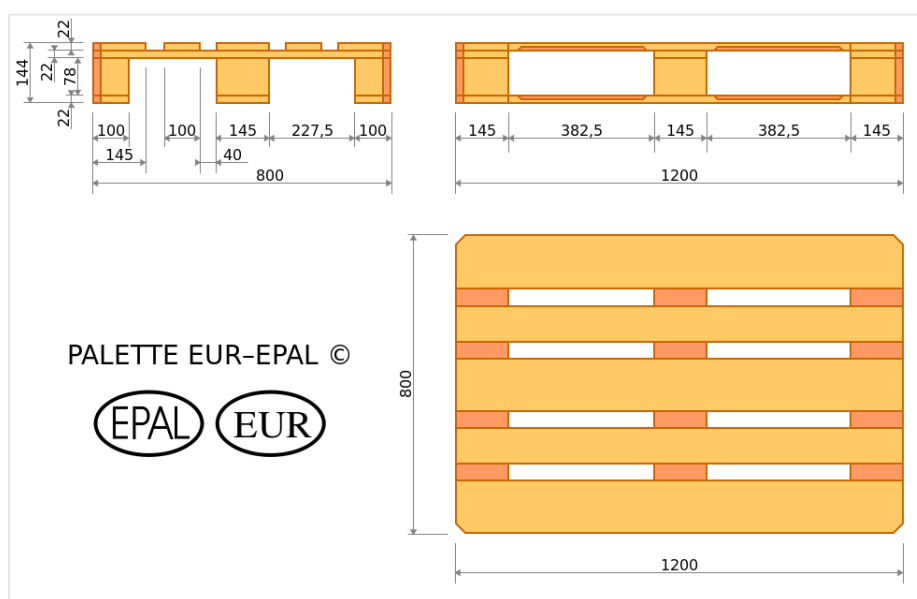
Solidmodellen av det vinnande konceptet kan ses i figur 4.1. Den består av ett ramverk monterat på en EU-pall. Kortsidorna är skjutbara i vertikal ledd för att möjliggöra tömning samt lutning av botten. Den är hopvikbar genom att sidorna fälls mot mitten och då ligger plant mot botten. Modellen har färglagts för ökad tydlighet.



Figur 4.1: Koncept 3 med och utan last

### 4.2 EU-pall

Solidmodellen av konceptet är byggd på en EU-pall. En EU-pall är en standardiserad lastpall i trä med dimensioner enligt figur 4.2.

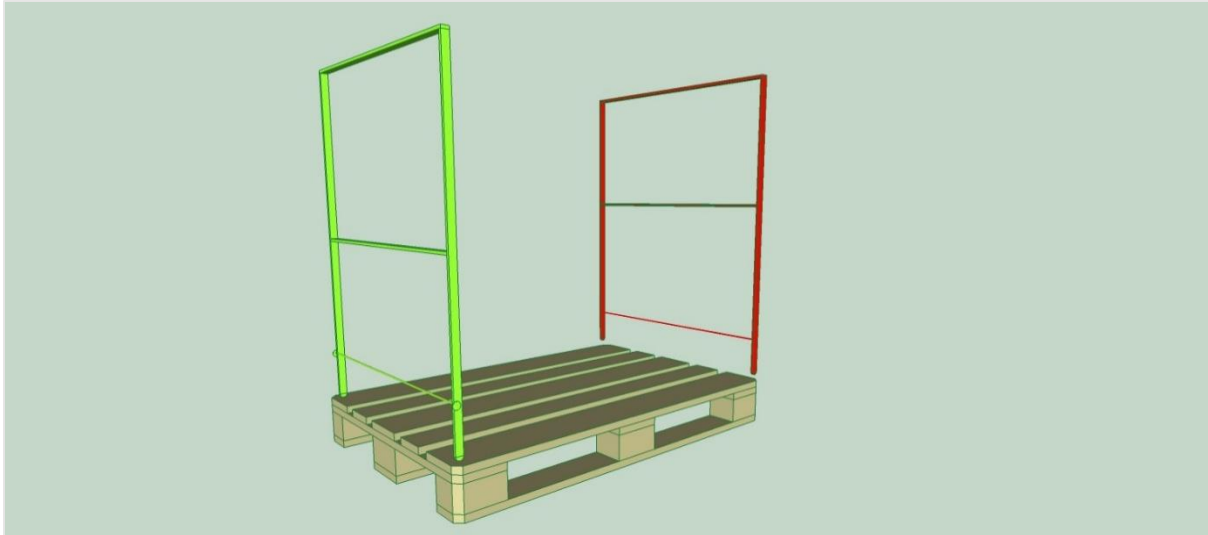


Figur 4.2: EU-pall (European Pallet Association)



### 4.3 Ramverk A

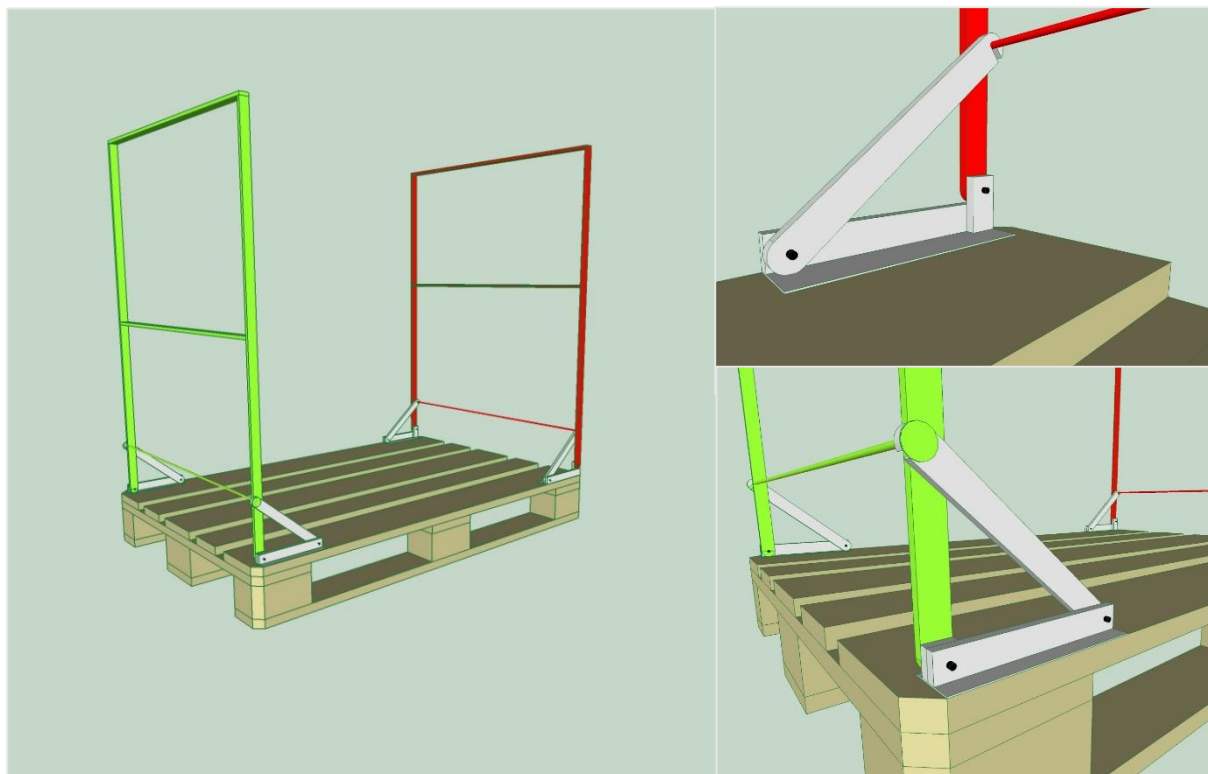
Ramverken består av runda och platta stänger I mitten av vardera ramverk (hädanefter ramverk A1 och A2) finns en horisontell platt stång för stabilitet. I den nedre delen löper en rund stång för att kunna fästa ramverket i EU-pallen.



Figur 4.3: Ramverk A1 och A2

### 4.4 Fästen

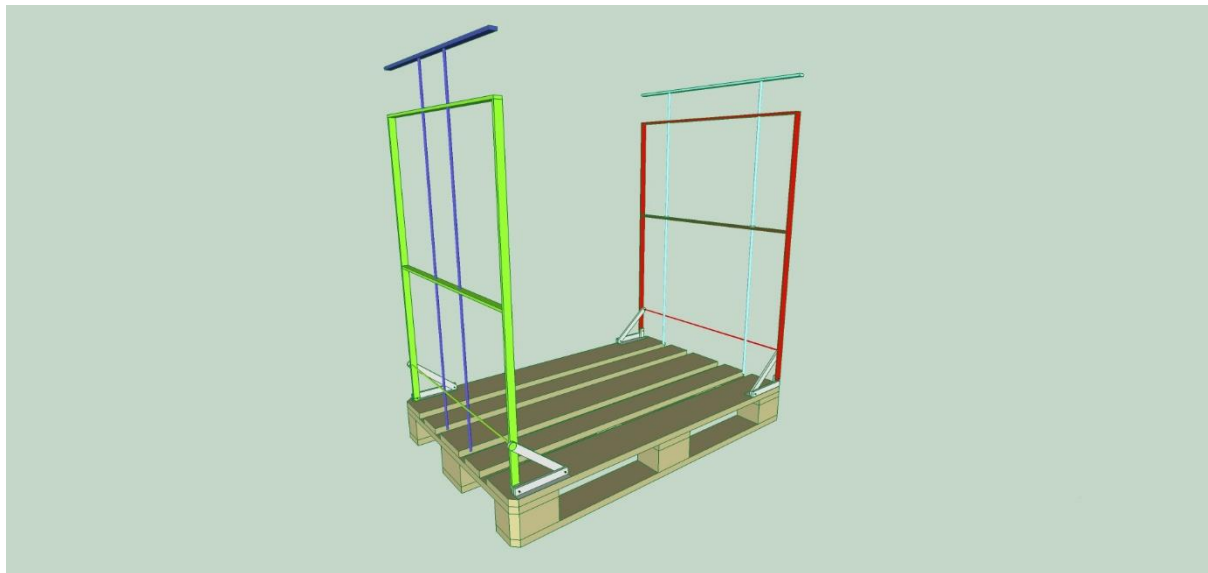
För att fästa ramverket används fyra fästanordningar som består av två kortare platta stänger samt ett bleck (se figur 4.4). Den horisontella stängen är svetsad fast i blecket som i sin tur är fastskruvat i EU-pallen. Den snedställda stängen är formad så att den övre delen kan krokas i den runda stängen på ramverket.



Figur 4.4: Fästen

#### 4.5 Ramverk B

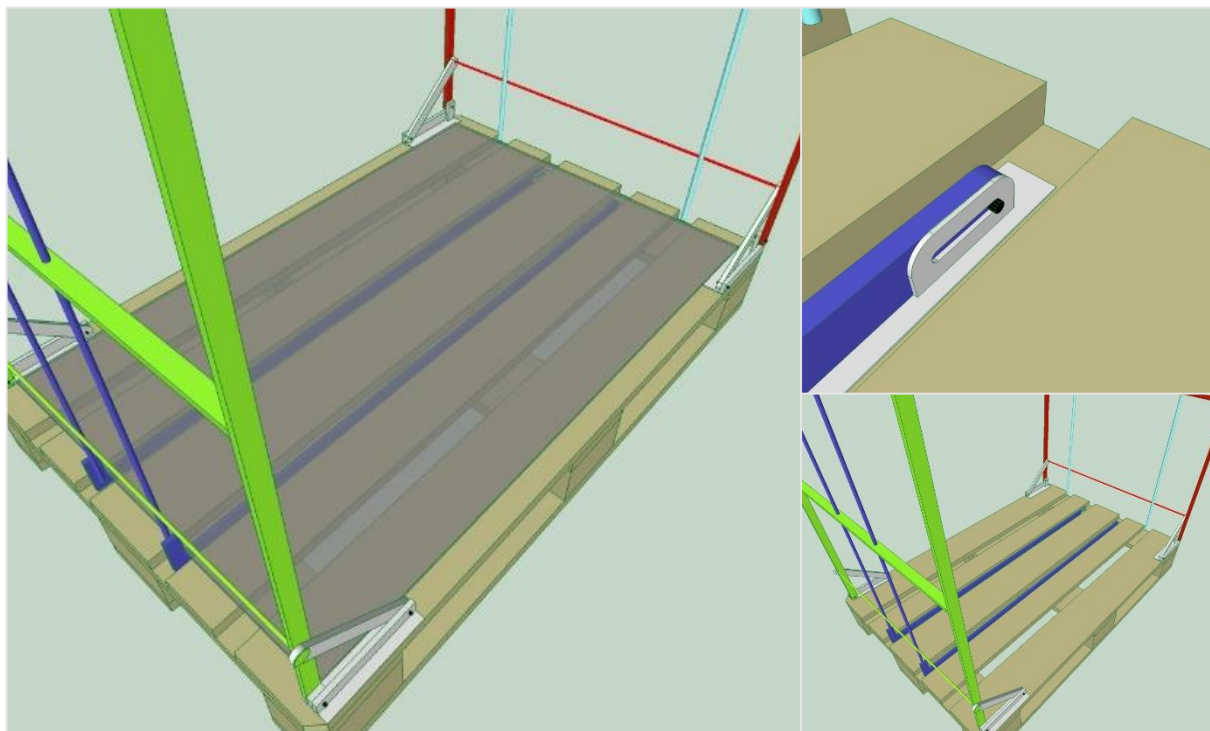
En horisontell platt stång med två vertikalt fastsvetsade rör bildar ytterligare ett ramverk (hädanefter ramverk B1 och B2) på vardera kortsidan (se figur 4.5). Dessa två ramverk förhindrar att konsumentrullar faller ur över kortsidorna.



Figur 4.5: Ramverk B1 och B2

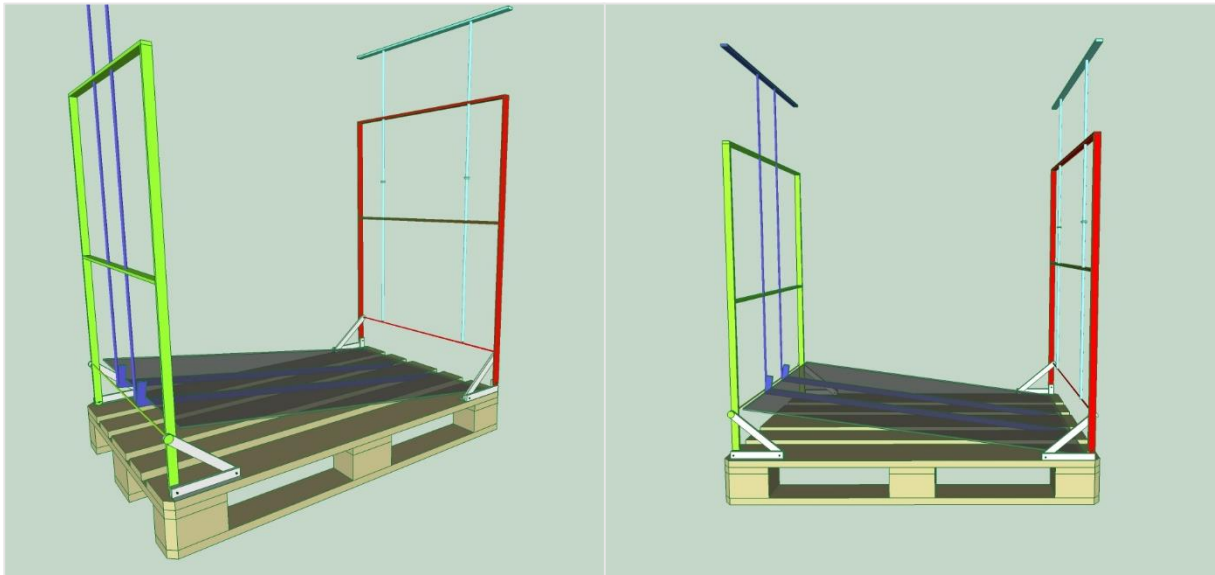
#### 4.6 Botten

Botten består av två platta stänger som löper mellan plankorna i EU-pallens längdriktning. Ovanpå stängerna sitter en skiva i hårdplast. Stängerna är i ena ändan fästa i ett bleck som ger dem möjlighet att röra sig horisontellt. I andra ändan sitter de fast i de vertikala runda stängerna på ramverk B1.



Figur 4.6: Botten

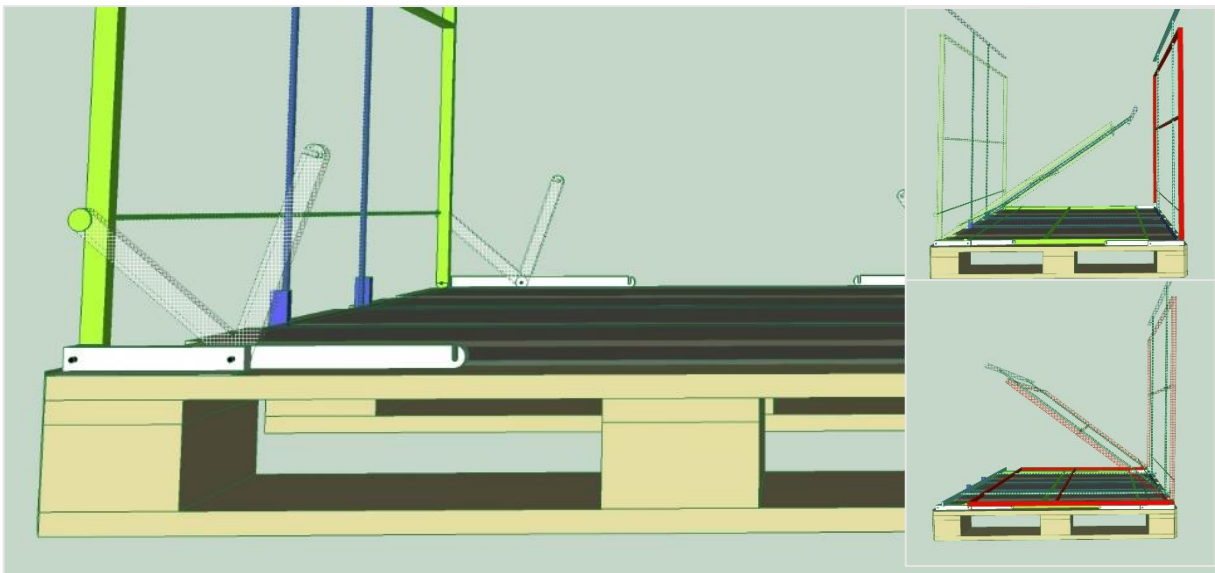
Genom att röra ramverk B1 och B2 uppåt uppnås två saker: dels lutas bottenkivan och dels öppnas ena kortsidan för att möjliggöra tömning (se figur 4.7).



Figur 4.7: Lutad botten

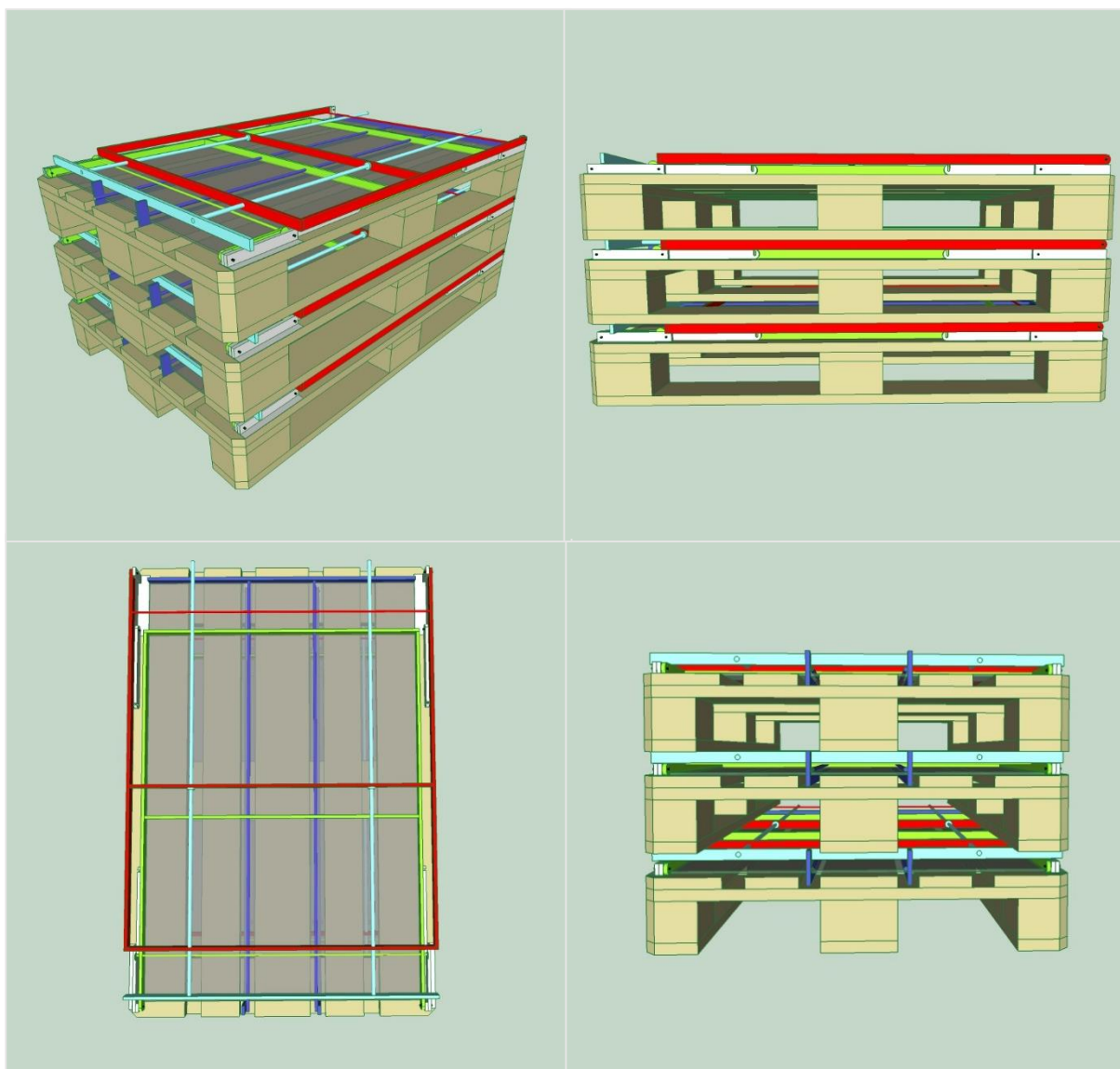
#### 4.7 Vika och stapla

Genom att fästena krokas av från ramverk A och viks in mot mitten av EU-pallen så att de ligger plant mot botten görs konstruktionen hopvikbar. Ramverken kan rotera kring fästena och viks in på samma sätt.



Figur 4.8: Hopvikbar konstruktion

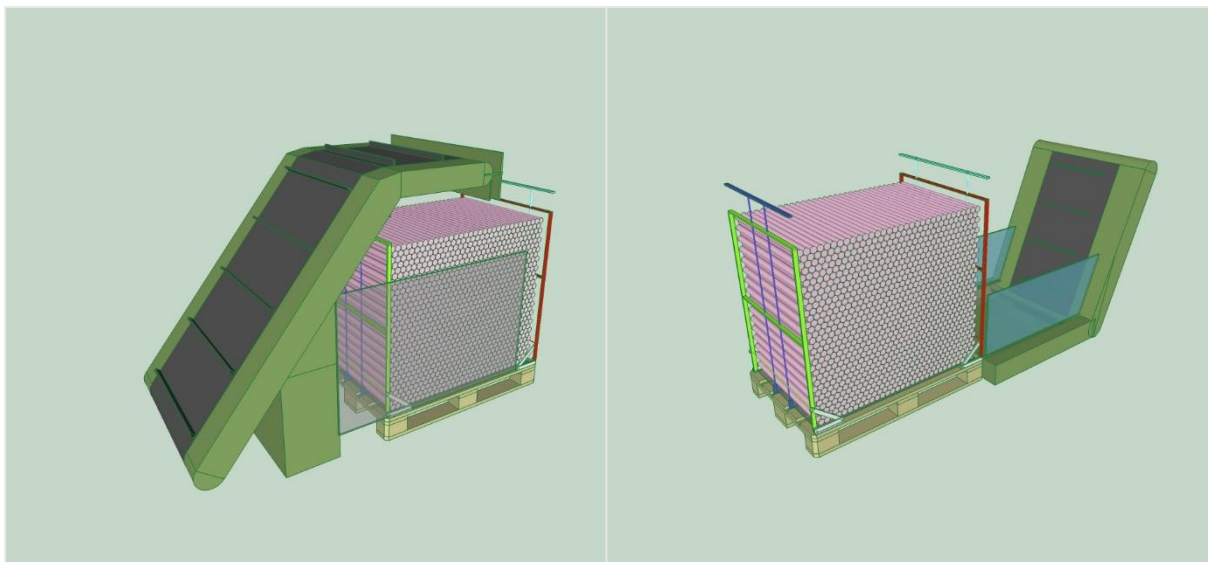
I hopvikt läge kan pallen staplas likt en vanlig, omodifierad EU-pall (se figur 4.9)



Figur 4.9: Hopvikt läge

#### 4.8 Lasta och tömma

Lastning görs med hjälp av ett rullband som placeras framför rullmaskinen (se figur 4.10). Rullarna töms i en buffert genom att ramverk B1 och B2 lyfts uppåt av en lyftanordning på packmaskinen (ej ritad i figur).



Figur 4.10: Lasta och tömma

#### 4.9 Material, dimensioner och lastkapacitet

Inga slutgiltiga materialval har gjorts då ytterligare hållfasthetsberäkningar krävs. Det samma gäller för dimensionering av ramverk, fästen och bottenplatta. Med det sagt så har man i solidmodellen har utgått från platta stänger med ett tvärsnitt på 0,8x2,2cm. Hela konstruktionen har en maxhöjd på 130cm från marknivå som ger ett effektivt lastutrymme på 720x112x100cm. Den maximala teoretiska lastkapaciteten är då 1000 rullar.

#### 4.10 Projektets ursprungliga frågeställningar

De frågor som fanns vid projektets start gällde främst förbättringar av hanteringen av produkterna samt effektivisering av hur utrymmet används i produktion och på lager. Med ovan beskrivna behållare ges svar på de frågor som fanns initialt och även de som tillkommit under projektets gång. Användandet av behållare medför förbättringar ur de flesta avseenden då de ...

- ... eliminerar tunga lyft då både lastning och tömning sker per automatik.
- ... eliminerar vikande av pappkartonger.
- ... medför att mindre utrymme behöver avsättas i produktion och i lager då samma behållare kan användas för alla typer av konsumentrullar.
- ... kan monteras med skruvmaskin och svets vilket finns i verkstaden på Hedlunds.

Syftet med projektet var att *"... att ta fram en lösning för de interna transporter av konsumentrullar som är kompatibel med Hedlunds befintliga maskiner samt underlättar för en högre framtida automatiseringsgrad."* Något som uppnås vid användande av ovan beskrivna behållare tillsammans med ett rullband vid rullmaskinen och en buffert vid packmaskinen.



## 5 Diskussion

*I detta kapitel diskuteras kring projektets upplägg, metod, och resultat.*

### 5.1 Planering

Innan projektet påbörjades gjordes en planeringsrapport med tillhörande tidsplan och olika delmål. För att arbeta mer effektivt hade en god idé varit att som med kravspecifikationen behandla tidsplanen som ett levande dokument, där delmålen uppdateras under projektets gång. Till största del så följdes dock den tidsplan som gjordes men projektet hade gynnats av en mer utförlig planering.

### 5.2 Genomförande

Projektet utfördes enbart av en person, allmänt sett hade det underlättat om det hade gjorts i par eller grupp. Speciellt under lösningssökningen det hade varit mer tidseffektivt om idéer kunde ha bollats mellan flera personer. Visserligen fanns handledare från både Chalmers och Midroc att tillgå men de har andra förpliktelser och hade därför ingen möjlighet att lägga ner samma tid som examensarbetaren.

Metodvalen hade både för- och nackdelar. De bidrog till att göra arbetet strukturerat och systematiskt och man tvingades tänka på sätt som man annars kanske inte gjort, något som genererade många bra idéer. Stundtals kändes metoderna dock överflödiga, något som kanske hade med metodval att göra. En metod som inte användes men som hade varit värdefull i det här projektet är användandet av en fokusgrupp. En sådan grupp består av en grupp människor med från olika kunskapsområden som möts ett par gånger under projektets gång och bollar idéer. I det här projektet skulle den till exempel kunna bestå av produktionschef, arbetsledare och mekaniker från Hedlunds samt handledare från Midroc och konstruktör på Graniten. Detta hade effektiviserat arbetet enormt mycket. Istället utfördes individuella möten med dessa personer.

De fyra koncepten presenterades tidigt under lösningssökningen för Hedlunds som snabbt bestämde sig för att de ville arbeta vidare med koncept 3. Den efterföljande utvärderingen blev onekligen påverkad av denna favorisering. Utvärderingen, som till största del gjorts utan input från handledare eller Hedlunds, var stundtals komplicerad på grund av min egen oerfarenhet inom produktutveckling och konstruktion. Speciellt bedömning av kriterier hade förmodligen gett ett mer pålitligt och precist resultat om det gjorts i närmre samarbete med Hedlunds och handledare. Dock så kan det argumenteras för att utvärderingen var direkt överflödigt i och med att Hedlunds tidigt bestämt sig för koncept 3.

### 5.3 Resultat

Den resulterande solidmodellen har en del saker som behöver ytterligare utvärdering och analys. Detta gäller främst dimensionering och hållfasthetsberäkningar av konstruktionen. Den teoretiska maxkapaciteten är 1000 rullar som sammanlagt väger cirka 150kg. Det är osäkert om konstruktionen tål en sådan last. I figur 3.4 finns dock en bild på en liknande konstruktion som lastats med cirka 900 rullar

Vid stapling av hopvikta behållare finns också frågetecken gällande stabiliteten. På bild 4.9 är de staplade optimalt, i verkligheten kommer det se annorlunda ut. Pallarna kommer att stå något vinklat gentemot varandra. Måtten på EU-pallar är sannolikt inte helt exakta, även detta påverkar stabiliteten både i uppfällt och hopvikt läge.

Slutligen är funktionaliteten av behållaren helt beroende av att det vid rullmaskinen monteras ett rullband för lastning av konsumentrullar samt att den planerade ombyggnationen av packmaskinen innefattar en buffert som är kompatibel med behållaren.

#### 5.4 Slutord

Överlag så får projektet ses som lyckat då jag fick utträttat det som var syftet med rapporten och tycker jag fått ett bra resultat. Jag ser också fram emot och känner mig bekväm i att ta mig an ett liknande projekt i framtiden, då förhoppningsvis i en projektgrupp. Stort tack till:

Tobias Lysvret och Midroc som ställt upp med handledning och kontorsplats.

Gert Persson, handledare på Chalmers

Mats Jedefeldt, kontaktperson hos Hedlunds

Fredrik Myllykangas, kontaktperson hos Graniten

## Referenser

Beitz, W. & Paul, G. (2007). *Engineering design- A systematic approach*. Upplaga 3. Springer-Verlag, London.

European Pallet Association. <http://www.epal-pallets.de/>. (2015-05-03)

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

Mind Mapping. <http://www.mind-mapping.org/>. (2015-05-03).

Ulrich, K.T. & Eppinger, S.D. (2012). *Product Design and Development*. Upplaga 5. McGraw-Hill. New York.