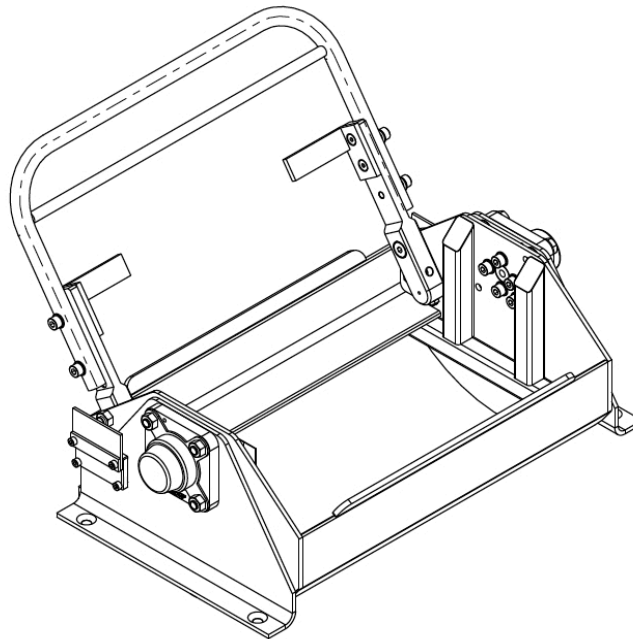


CHALMERS



Konstruktion av manuellt hjälpmedel för lådtippning

Development of a manually operated device to aid the tipping of crates

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet

David Carlson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2013

Examinator: Gert Persson Examensarbete No. 94/2013

Förord

Detta examensarbete har utförts hos SKF i Göteborg under läsåret 2012/13 och utgör 15 högskolepoäng av min maskiningenjörsutbildning (180hp) vid Chalmers Tekniska Högskola.

Jag vill passa på att tacka båda mina handledare på SKF FSM, Mofid Zaia och Christer Johansson för ert gedigna stöd under arbetets gång. Jag vill också tacka Morgan Carlsson på FSM för tillhandahållandet av kontorsplats och dator under arbetet. Det har varit mycket kul och lärorikt att få vara en del av gemenskapen på FSM under arbetet!

Jag vill också tacka min examinerare och handledare på Chalmers, Gert Persson för din hjälp och entusiasm.

Vidare vill jag tacka produktionschefen, teknikern och medarbetarna på SKF K4 som är ”kund” till detta examensarbete. Det har varit ett intressant samarbete och jag hoppas att ni ska bli nöjda med resultatet!

Mölndal maj 2013

David Carlson

Sammanfattning

Detta examensarbete utfördes på SKF i Göteborg. SKF är en av världens ledande tillverkare av bland annat lager. På produktionsenheten K4, som är kund till detta arbete, tillverkas medelstora rullningslager. Rullkropparna till lagren kommer packade i lådor och måste på något sätt förflyttas från lådan till en balja, eller buffertficka mitt i arbetsbordet där lagren monteras. Då lådorna återanvänds kontinuerligt får ingen åverkan göras på dem, utan rullkropparna måste på något sätt tömmas ut genom den öppna ovansidan på lådan. Eftersom rullkropparna i varje låda är många till antalet är det inte ergonomiskt hållbart att plocka ut dem en och en, utan man har anammat ett arbetssätt som går ut på att man välter lådorna på arbetsbordet för att tippa ut innehållet.

Då det i dagens läge inte finns något hjälpmedel för tippningen i K4, blir tömningen av lådorna både tung och okontrollerad. Målet med detta examensarbete var att ta fram ett förslag på ett hjälpmedel som kan användas för att tömma lådorna. Detta hjälpmedel skulle vara lätt och säkert att använda. Man önskade också ett manuellt hjälpmedel, då det tillgängliga utrymmet var begränsat. Tidigare hade man undersökt möjligheten att bygga in tippningsfunktionen i de lyftverktyg som används för att lyfta upp lådorna på arbetsbordet, men detta projekt avstannade.

Flera olika lösningsalternativ togs fram och utvärderades noggrant under projektets gång. Det koncept som ansågs bäst var en lösning som bygger på att ett hjälpmedel monteras fast i arbetsbordet. Huvudkomponenten i hjälpmedlet är en vagga, lite större än lådorna, som sitter lagrad i två fästen i monteringsbordet. Lådan ställs i vaggan och tippas lätt tack vare vaggans handtag och lagringen.

Den största utmaningen under arbetet var att konstruera en vagga som klarade av att hålla fast lådorna under tippningen. Denna utmaning blev ännu mer krävande då lådorna som används inte alltid är av samma typ. Två typer av lådor används vid ordinarie produktion och ett krav var att hjälpmedlet skulle klara av båda typer utan något, eller med mycket litet, omställningsarbete. Slutligen löstes detta problem genom att handtaget som sitter i vaggan gjordes ledat. När det drogs framåt för att tippa lådan gick ett par låsspärrar in i ett uttag i lådan.

Eftersom hjälpmedlet, eller vändaren, tycktes uppfylla kraven och önskemålen så förfinades konstruktionen till den grad att den ansågs möjlig att tillverka. Komplet ritningsmaterial togs fram, vissa hållfasthetsberäkningar utfördes, ett utkast till en bruksanvisning skrevs och en riskbedömning genomfördes. Resultatet blev en konstruktion som kan tillverkas och testas.

Framtida arbete inkluderar beställning och montering av en vändare för praktisk utvärdering på avdelningen. Om konstruktionen visar sig framgångsrik måste monteringsbordet modifieras något innan vändaren kan monteras ordentligt.

Abstract

This degree project was done at SKF in Gothenburg. SKF is a world-leading manufacturer of, among other products, bearings. The K4 production line, the customer of this project, manufactures mid-sized rolling-contact bearings. The rolling elements for the bearings arrive at K4 packed in crates. These crates have to be emptied into a tub mounted in the table that is used for assembling the bearings. The crates are re-used in a continuous cycle, meaning that any tampering with them cannot be allowed. As a result, the content of the crates has to be removed through the crates' open top. Due to the large number of components in each crate, it is not a viable option to pick them out of the crates by hand. To empty the crates, the workers tip them over so the content of the crate dumps into the tub.

Since there are no aids available in K4 to tip the crates over, this activity puts a lot of strain on the workers and the emptying of the crates can become somewhat uncontrolled. The aim with this project was to develop a mechanical device to aid the tipping and thereby the emptying of the crates. The device is to be safe and easy to use. Due to the limited space available at and around the workstation, the customer specified a manually operated device. The possibility to implement the tipping mechanism into the lifting devices used to lift the crates onto the table has been explored previously. These attempts, however, never resulted in a finished device.

During the work with this project, several different concepts were drafted up and carefully evaluated. The concept considered the best alternative featured a device fitted to the workstation table. Its main component is a cradle, slightly larger than the crates, supported by bearing units fitted to the table by brackets. The crate is loaded into the cradle and easily turned over thanks to the bearings and a handle mounted to the cradle.

The biggest challenge in designing the device was to create a way to lock the crates to the cradle in order to keep them from falling out of the device when tipped over. This challenge became even more demanding due to the need for the cradle to accommodate two types of crates normally used in the process. A hinged handle proved to be the solution; as the handle pivoted forward, two locking bars engaged in a recess in the crate.

Since the designed unit appeared to meet all the requirements, the design was refined to a point where it could be manufactured. Complete drawing material was produced; stress calculations were done on key components; user manual was drafted up and a risk assessment was carried out. The result was a design that could be manufactured and tested.

Further work includes ordering and assembling the parts in order to test and evaluate the design. If the device proves successful, the workstation table will have to be modified slightly in order for the unit to be fitted properly.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	1
1.4	PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNINGEN	2
2	TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1	FÖRESKRIFTER FÖR ANVÄNDANDET AV ARBETSUTRUSTNING	3
2.2	BERÄKNING AV LIVSLÄNGD OCH STATISK SÄKERHETSFAKTOR FÖR RULLNINGSLAGER	4
3	METOD	6
3.1	PRODUKTSPECIFICERING	6
3.2	LÖSNINGSSÖKNING/KONCEPTGENERERING	6
3.3	UTVÄRDERING OCH VAL AV KONCEPT	7
3.4	DETALJKONSTRUKTION, PRODUKTUTFORMNING OCH TILLVERKNINGSANPASSNING	8
4	INFORMATIONSSINSAMLING	9
4.1	PROCESSEN	9
4.2	PROBLEMET	10
4.3	FÖRUTSÄTTNINGAR	11
4.4	BEFINTLIGA LÖSNINGAR	11
5	PROBLEMLÖSNING	13
5.1	PRODUKTSPECIFICERING	13
5.2	LÖSNINGSSÖKNING/KONCEPTGENERERING	15
5.2.1	<i>Koncept 1</i>	17
5.2.2	<i>Koncept 2</i>	18
5.2.3	<i>Koncept 3</i>	19
5.2.4	<i>Koncept 4</i>	20
5.2.5	<i>Koncept 5</i>	20
5.2.6	<i>Koncept 6</i>	21
5.2.7	<i>Koncept 7</i>	22
5.2.8	<i>Koncept 8</i>	23
5.2.9	<i>Koncept 9</i>	24
5.2.10	<i>Koncept 10</i>	24
5.2.11	<i>Koncept 11</i>	25
5.2.12	<i>Koncept 12</i>	26
5.3	UTVÄRDERING OCH VAL AV KONCEPT	27
5.3.1	<i>Kravuppfyllnad och elimineringsmatris</i>	27
5.3.2	<i>Jämförande Pugh-matris</i>	31
5.3.3	<i>Betygssättning i Kesselring-matris</i>	32
5.3.4	<i>Möte med produktionschefen 18/10-2012</i>	34
5.3.5	<i>Slutsatser efter utvärderingen</i>	35
5.4	DETALJKONSTRUKTION, PRODUKTUTFORMNING OCH TILLVERKNINGSANPASSNING	35
5.4.1	<i>Vagga</i>	36
5.4.2	<i>Gavlar och lagringar</i>	39
5.4.3	<i>Placering av ledaxeln</i>	40
5.4.4	<i>Fasthållning/låsning av lådan</i>	44
5.4.5	<i>Låsfunktion för vaggan i ilastningsläge</i>	51
5.4.6	<i>Utformning av handtag och handtagsfästen</i>	52
5.4.7	<i>Klämskydd</i>	54

5.4.8	<i>Hållfasthets- och lagerberäkningar.....</i>	54
5.4.9	<i>Ritningar.....</i>	71
6	FÖRANKRING MED K4 OCH ÖVRIGA FÖRETAGET	72
6.1	MÖTEN MED ALLA SKIFTLAG.....	72
6.2	MÖTE MED PRODUKTIONS- OCH TILLVERKNINGSCHEFEN.....	72
6.3	RISKBEDÖMNING.....	73
6.4	BRUKSANVISNING.....	74
7	SLUTSATSER.....	75
7.1	VIDARE ARBETE.....	75
7.1.1	<i>Prototyp.....</i>	75
7.1.2	<i>Anpassning av monteringsbord och buffertficka.....</i>	76
7.1.3	<i>Montering av vändaren.....</i>	78
	REFERENSER.....	80
	BILAGA A – MINNESANTECKNINGAR	
	BILAGA B – KOMPONENTER	
	BILAGA C – RISKBEDÖMNING	
	BILAGA D – BRUKSANVISNING (UTKAST)	

1 INLEDNING

Denna rapport behandlar sökandet av ett hjälpmedel för att välta och därmed tömma lådor innehållande lagerkomponenter på ett monteringsbord på SKF i Göteborg.

1.1 Bakgrund

En del av en produktionskanal på SKF i Göteborg, härafter benämnd K4, består av en monteringsstation för rullningslager. Rullkropparna till lagren kommer färdiga från andra produktionskanaler på företaget och är packade i lådor. Lådornas vikt kan uppgå till nära 100kg och de kan innehålla tusentals rullkroppar. Dessa lådor lyfts med hjälp av travers och specialbyggda lyftverktyg från lastpall upp på ett monteringsbord. När rullkropparna sedan ska ut ur lådorna uppstår problem. Att plocka ut dem en och en är problematiskt av flera anledningar, t.ex. är de många till antalet vilket skulle leda till ensidiga och upprepade rörelser. Därför har man anammat ett system där man manuellt och utan hjälpmedel välter lådorna på monteringsbordet och på så sätt tömmer ut innehållet. Eftersom det inte finns något hjälpmedel blir detta arbetsmoment oergonomiskt, bullrigt och osäkert. Man riskerar dessutom skador på rullkropparna, som är precisionstillverkade med mycket fin ytjämnhet.

Man har tidigare haft planer på att integrera en tippfunktion i lyftverktyget som man använder för att lyfta upp lådorna på bordet. Detta stötte på problem eftersom två olika typer av lådor används, en äldre och en nyare, härafter benämnda lådtype 1 respektive lådtype 2. Eftersom olika lådtyper används krävs också olika lyftverktyg. Det var därför svårt att hitta en lösning som skulle medge tippning av båda lådtyper. På grund av detta avstannade dessa planer och medarbetarna på kanalen har fortsatt att välta lådorna för hand.

Det finns önskemål om ett manuellt och lättanvänt hjälpmedel. Automatiska tippanordningar finns runt om i SKF:s fabriker redan, men i det här fallet är den typen av anordning inte lämplig av flera skäl. Bland annat så har man inte tillräckligt med utrymme och man vill undvika ett komplicerat system som kräver mycket kringutrustning. Med automatiserade rörelser kommer även större krav på dokumentation och skyddsanordningar.

1.2 Syfte

Målet med detta arbete är att ta fram ett lösningsförslag som gör att medarbetarna inte behöver välta lådorna för hand på bordet. Detta skulle förbättra säkerheten, arbetsmiljön samt reducera risken för skador på rullkropparna. För att nå fram till en lösning skall 3 till 5st möjliga koncept tas fram som sedan utvärderas noga så att det bästa av dem väljs för vidare behandling. Det valda konceptet ska drivas vidare och en solidmodell och ritningar ska tas fram i Pro/ENGINEER (Pro/E).

1.3 Avgränsningar

I första hand söks en konstruktionslösning på problemet, t.ex. ett nytt lyftverktyg eller annat hjälpmedel som kan implementeras i dagens arbetsstation utan större modifikationer. Några organisatoriska förändringar, t.ex. förändring av materialhanteringen eller typen av lådor som används ryms inte inom ramen för detta arbete då mycket av detta bestäms utanför K4. Storleken på SKF:s tillverkningsenhet i Göteborg är sådan att dessa parametrar här får betraktas som fasta.

Som redan nämnts så är endast manuella hjälpmedel aktuella, några maskindrivna lösningar behandlas ej. I detta arbete ska endast ingå den teoretiska delen av problemlösningen och

produktutvecklingen; tillverkningen av ett eventuellt hjälpmedel behandlas ej. Fokus ligger på att ta fram ett förslag på ett hjälpmedel som kan lösa kanalens problem med lådhanteringen. När ett lämpligt koncept har hittats tas även ett visst ritningsmaterial fram och vissa beräkningar kommer att utföras med avseende på hållfasthet och mekaniskt beteende. Här handlar det om en stycketillverkad eller eventuellt småskaligt tillverkad produkt som ska monteras fast på en arbetsplats. Därför behöver exempelvis inte dess vikt eller estetik optimeras utan den kan konstrueras konservativt. Detta medför att de nödvändiga hållfasthetsberäkningarna inte behöver bli allt för omfattande och mödosamma.

1.4 Precisering av frågeställningen

Huvudfrågeställningen är som följer: Hur kan ett hjälpmedel som eliminerar den manuella vältningen av lådorna på monteringsbordet utformas?

Denna fråga kan delas upp i mindre delfrågor:

- Finns ett alternativ till dagens lådhantering där medarbetarna inte behöver välta lådorna på bordet?
- Finns ett alternativ till dagens lådhantering där lådorna inte behöver vältas alls?
- Finns en lösning på dagens problem som inte kräver el, pneumatik eller hydraulik?
- Går det att bygga in tippningsfunktionen i lyftverktyget/lyftverktygen?
- Kan ett hjälpmedel konstrueras på bordet som underlättar tippningen?
- Finns det en lösning som passar båda lådtyperna?

2 TEORETISK REFERENSRAM

Här behandlas viss detaljkunskap som kan komma till användning under arbetets gång. Först betraktas AFS 2006:4, med viktiga föreskrifter för användandet av arbetsutrustning. Därefter behandlas viss utvald lagerteori.

2.1 Föreskrifter för användandet av arbetsutrustning

En arbetsutrustning definieras som ”maskin, anordning, verktyg, redskap eller installation som används i arbetet.” Användandet av densamma definieras som ”Aktivitet med arbetsutrustning, som start och stopp, nyttjande, transport, montering, installation, demontering, reparation, ändring, service, rengöring och underhåll.” (AFS 2006:4) När en arbetsutrustning ska användas i arbetet finns ett antal föreskrifter som måste uppfyllas.

- **Undersökning och riskbedömning.** Utföres för att bedöma om arbetsutrustningen är säker och lämplig att använda i given situation. Riskmoment skall undersökas och bedömas utifrån ett s.k. MTO (Människa, teknik, organisation) -perspektiv. Åtgärder skall genomföras för att motverka upptäckta riskmoment. Undersökning och riskbedömning skall följas upp kontinuerligt.
- **Krav på produkter.** Arbetsutrustningen måste uppfylla gällande föreskrifter med avseende på beskaffenhet och användarinformation. Beroende på tillverkningsdatum och typ av arbetsutrustning gäller olika regler. Dessa krav behandlar exempelvis skyddsanordningar, både fysiska och i eventuell mjukvara.
- **Krav vid användning.** Arbetsutrustningen skall förvaras, installeras och användas på ett sätt som förebygger arbetsmiljörisker. Beroende på typ av arbetssituation skall särskilda krav uppfyllas, dessa listas i bilaga till AFS 2006:4. Vidare får arbetsutrustningen endast användas för det ändamål som den är avsedd för, enligt utfärdade instruktioner och på ett ergonomiskt lämpligt sätt.
- **Information till arbetstagare.** Arbetstagare skall få information om de risker för ohälsa och olycksfall som föreligger vid användandet av arbetsutrustningen. Denna information skall även tillhandahållas för arbetsutrustning i arbetstagarnas närhet, även om de själva inte direkt använder denna. Information skall även ges vid eventuella förändringar av arbetsutrustningen. Arbetstagarna som skall använda arbetsutrustningen ska få nödvändiga instruktioner om användningen, förutsedda onormala situationer som kan uppstå samt vilken personlig skyddsutrustning som skall bäras vid användandet. Instruktioner som medföljer arbetsutrustningen vid leverans skall finnas tillgängliga för arbetstagarna, dessa instruktioner kompletteras med skriftliga eller muntliga instruktioner om så behövs.
- **Arbetsutrustning med särskilda risker** skall endast kunna användas av personer som har rätt kompetens (dokumenterat) och som har till uppgift att använda aktuell arbetsutrustning. Även underhållsarbete på aktuell utrustning får endast utföras av särskilt utsedd personal.
- **Underhåll och kontroll.** Arbetsutrustningen skall underhållas så att den under hela sin användningstid uppfyller gällande krav. Om installationen av utrustningen kan påverka säkerheten, skall denna kontrolleras innan utrustningen tas i bruk första

gången. Utrustningen skall även kontrolleras om slitage, åldring eller något oväntat som inträffat kan medföra säkerhetsrisker. All kontroll skall dokumenteras.

2.2 Beräkning av livslängd och statisk säkerhetsfaktor för rullningslager

I rullningslager utnyttjas rullningsprincipen för att reducera friktion. Detta möjliggörs av rullkroppar, antingen i form av kulor, rullar eller nålar, placerade mellan lagrets yttre- och innerskiva. Belastningen från axeln/spindeln överförs via lagrets innerskiva, rullkropparna och ytterskivan ut till "jord". Detta resulterar i stora punkt- eller linjelaster mellan rullkropparna och ringarna vilket medför stora ytpåkänningar i materialet. (Mägi & Melkersson, 2011)

Om lagret är och behålls korrekt monterat, smort och rent, begränsas dess livslängd av ytutmattningsgrad på ringar eller rullkroppar. Teoretisk beräkning av ytpåkänningarna i lagret och därmed en teoretisk beräkning av lagrets förväntade livslängd är relativt komplicerade och mödosamma på grund av geometrin i lagret. Istället testas ett stort antal likadana lager i laboratoriemiljö av tillverkarna som sedan presenterar resultatet i sina kataloger i form av ett dynamiskt bärighetstal. Detta värde visar belastningen som resulterar i att en viss andel av lagren (ofta 90%) klarar ett visst antal varv eller drifttimmar på konstant varvtal (ofta 10^6 varv) utan att utmattningsgrad uppträder. (Budynas & Nisbett, 2011)

Det dynamiska bärighetstalet kan sedan användas av maskinkonstruktörer för att beräkna ett lagers nominella livslängd under förväntade belastningar. Formeln för detta är, enligt ISO 281:1990: (Svenska Kullager Fabriken (SKF) 2008) och (Mägi & Melkersson, 2011)

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

där

$$L_{10} = \text{Nominell livslängd med 90\% tillförlitlighet} \left[10^6 \text{ varv} \right]$$

$$C = \text{Dynamiskt bärighets tal, lagerspecifikt} \left[\text{kN} \right]$$

$$P = \text{Ekvivalent dynamisk lagerbelastning för applikationen} \left[\text{kN} \right]$$

(Beräknas med olika metoder för olika lagertyper)

$$p = \begin{cases} 3 \text{ för kullager} \\ 10/3 \text{ för rullager} \end{cases}$$

Denna formel kan anpassas för att ge livslängder med annan tillförlitlighet genom att L_{10} multipliceras med en faktor a_1 . Denna faktor finns tabellerad i exempelvis lagerkataloger. Om varvtalet är konstant och känt kan livslängden enkelt räknas om från antal varv till antal drifttimmar, något som kan vara intressant för maskiner i kontinuerlig drift.

För att ta hänsyn till materialets utmattningsgräns, smörjningsförhållanden och föroreningsgrad införde SKF 1989 en modifierad version av formeln ovan. Samtidigt infördes gränslasten, P_u i SKF:s katalog. Formeln är mycket lik den ovan beskrivna men med den viktiga skillnaden att faktorn a_{SKF} multipliceras in: (SKF, 2008) och (Mägi & Melkersson, 2011)

$$L_{nm} = a_1 \times a_{SKF} \times L_{10} = a_1 \times a_{SKF} \times \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

där

L_{10} = Nominell livslängd med 90% tillförlitlighet $[10^6 \text{ varv}]$

L_{nm} = Nominell livslängd med önskad tillförlitlighet $[10^6 \text{ varv}]$

C = Dynamiskt bärighets tal, lagerspecifikt $[kN]$

P = Ekvivalent dynamisk lagerbelastning för applikationen $[kN]$

(Beräknas med olika metoder för olika lagertyper)

$$p = \begin{cases} 3 \text{ för kullager} \\ 10/3 \text{ för rullager} \end{cases}$$

a_1 = Faktor för tillförlitlighet, tabellerad i t.ex. lagerkataloger

a_{SKF} = SKF livslängdsfaktor, fås från diagram i SKF : s katalog

I enighet med statistikens lagar erhålls den totala tillförlitligheten hos ett lagerarrangemang genom att alla ingående lagers tillförlitligheter multipliceras. (Mägi & Melkersson, 2011)

I lagerkataloger finns även lagrens statiska bärighetstal listat, vilket definieras i ISO 76:1987 som den belastning som orsakar en kvarvarande deformation i lagret av ungefärlig storlek 0,0001 av rullkroppens diameter. Det statiska bärighetstalet används för att beräkna säkerhetsfaktorn mot permanent deformation vid belastning av stillastående, eller mycket långsamtgående lager: (SKF, 2008)

$$s_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

där

s_0 = Statisk säkerhetsfaktor

C_0 = Statiskt bärighetstal, lagerspecifikt $[kN]$

P_0 = Ekvivalent statisk lagerbelastning för applikationen $[kN]$

$$P_0 = X_0 \times F_r + Y_0 \times F_a$$

F_a = Radiell lagerbelastning för applikationen $[kN]$

F_r = Axiell lagerbelastning för applikationen $[kN]$

X_0 = Lagrets radialfaktor, lagerspecifikt

Y_0 = Lagrets axielfaktor, lagerspecifikt

I SKF:s katalog finns rekommendationer om lämplig storleksordning på den statiska säkerhetsfaktorn för olika applikationer.

3 METOD

Arbetsmetoden som här används följer klassiska metoder för systematisk konstruktion beskrivna av många författare. Denna bygger i kort på fem steg: (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004)

1. Produktspecificering
2. Lösningssökning/Konceptgenerering
3. Utvärdering och val av koncept
4. Detaljkonstruktion och produktutformning
5. Tillverkningsanpassning

3.1 Produktspecificering

I detta skede ska problemet kartläggas och fördjupande kunskap samlas så att det inte förekommer några tvivel på vad som skall ingå i projektet och vilket problem som skall lösas. När problemet är väl beskrivet ställs kriterier för en kommande lösning upp. Dessa kriterier består av både krav och önskemål. Här är det viktigt med god kommunikation med kunden för att få med alla kriterier och därmed ha goda förutsättningar för att ta fram en fungerande lösning.

Det enklaste sättet att sätta sig in i dagens situation och processer är helt enkelt att gå till K4 och föra en dialog med medarbetarna. De har mycket att berätta om hur det dagliga arbetet fungerar och de har ofta en relativt god uppfattning om vilka koncept som kan fungera och vilka som är mindre lämpliga. De mer erfarna medarbetarna kan även komma med information om mer speciella händelser i processen som kan påverka kriterierna. Exempel på detta kan vara krav på att vissa ytor skall hållas fria för åtkomst av maskindelar vid underhåll och liknande. Det är också viktigt att komma ihåg att olika skiftlag och medarbetare ofta har lite olika metoder i sitt arbete. Regelbundna besök i kanalen för att kunna träffa så många medarbetare som möjligt ökar chanserna för att resultatet av detta projekt ska bli framgångsrikt.

Det kan även vara mycket informativt att observera medarbetarna när de utför sitt arbete vid monteringsstationen. När personer ska observeras krävs dock en viss försiktighet, det kan vara en otrevlig upplevelse för dem att bli iakttagna. Risken är också att personen förändrar sitt arbetsmönster när han/hon blir iakttagen. Personen kanske fokuserar mer på att göra "rätt" snarare än att visa hur han/hon naturligt utför samma uppgift oobserverade (Bernstein, 2011). Detta bör i det här fallet motverkas genom att ha en god dialog med medarbetarna och förklara varför de observeras. I detta fall bör medarbetarna informeras om att det inte är han/hon som observeras utan processen.

3.2 Lösningssökning/konceptgenerering

När kunskapen om problemet och kraven på en framtida lösning är väl kända påbörjas arbetet med att ta fram lösningsalternativ. I detta skede söks konceptuella lösningar, alltså inte färdiga konstruktioner. Kreativiteten skall bejakas så att så många lösningar som möjligt fås fram. Även idéer som till synes är helt orimliga kan bidra till en kommande totallösning.

För att underlätta lösningssökandet kan problemet delas upp i delfunktioner. Lösningar söks därefter till var och en av dessa delfunktioner. När ett antal dellösningar har framkommit

kan dessa kombineras till kompletta lösningskoncept t.ex. genom användandet av en morfologisk matris. (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004)

Det kan även vara till fördel att se sig omkring på andra avdelningar på SKF i sökandet efter information och inspiration. Företaget är stort och det finns flera andra produktionskanaler som hanterar samma sorts lådor i liknande situationer. Målet med att se sig omkring är inte att hitta en färdig lösning, utan snarare att få inspiration och eventuellt hitta något som kan anpassas till denna specifika situation.

I detta fall är också en god dialog med beställaren, alltså kanalchefen och medarbetarna, mycket viktig. De är närmast problemet och känner situationen väl och har därför mycket att tillföra. Det är dessutom de som skall använda ett nytt hjälpmedel och det måste tilltala dem, annars kommer det inte att användas och man kommer inte att se någon förbättring gentemot dagens situation.

3.3 Utvärdering och val av koncept

Efter att lösningssökningen/konceptgenereringen avslutas görs en första sällning av de framtagna koncepten. En del av dem kan vara helt orimliga och tas därför bort. De bör dock behållas i åtanke i det fortsatta arbetet, de kanske kan bidra med någon delösning eller öka kreativiteten.

När den första utsällningen är klar återstår förhoppningsvis ett antal koncept som går vidare i utvärderingsprocessen. För att sälla bort ytterligare projekt som inte är hållbara används en elimineringsmatris konstruerad av Pahl och Beitz (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004) Här kontrolleras om koncepten uppfyller de grundläggande kraven och i övrigt är realiserbar. Det kan krävas lite extra efterforskningsarbete innan ett koncept kan bedömas. Antingen får sådana koncept följa med i det fortsatta arbetet i hopp om att nödvändiga frågor besvaras utefter vägen eller så får efterforskningar göras innan ett beslut fattas.

Vid det här laget ska endast realiserbara koncept återstå. För att kunna välja det bästa ska de jämföras med varandra och undersökas mer noggrant med avseende på deras lämplighet. Pugh har konstruerat en matris där de olika koncepten ställs upp mot både varandra och en referenslösning. (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004) Referenslösningen kan vara en befintlig lösning eller ett av lösningsalternativen. Alla alternativ jämförs sedan med avseende på önskemålen från kriterielistan. Om ett alternativ är bättre än referenslösningen tilldelas det ett plustecken för det specifika kriteriet, om det är lika bra tilldelas det en nolla och om det är sämre ett minustecken. För varje alternativ räknas sedan ett nettovärde ut genom att antalet minustecken subtraheras från antalet plustecken.

Pugh matrisen kan, om nödvändigt, användas i flera omgångar tills en klar rangordning av lösningarna träder fram. Ett antal av de högst rankade koncepten väljs ut för vidare utvärdering med hjälp av en så kallad Kesselring matris (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004)

Innan Kesselringmatrisen kan användas krävs vissa förberedelser. De i produktspecificeringen uppställda önskemålen ska värderas med avseende på deras viktighet och betygsskalor för de olika önskemålen ska upprättas. Varje lösning betygsätts sedan utifrån dessa skalor. Betyget för varje önskemål multipliceras med viktningen för det aktuella önskemålet för att få ett viktat betyg. Lösningarna rangordnas sedan efter totalbetyg.

I teorin ska den segrande lösningen vara den bästa och den som det arbetas vidare med. Det är emellertid viktigt att hela tiden tänka kritiskt och att fundera över om de valda kriterierna är rätt formulerade och viktade och om resultaten av de olika stegen i utvärderingsprocessen är rimliga. Det är också viktigt att kunden (chef och medarbetare i K4) inkluderas i urvalsprocessen. Denna kontakt gör att fokus behålls på rätt saker och att lösningen som till slut väljs är en som blir accepterad av de som ska använda den.

3.4 Detaljkonstruktion, produktutformning och tillverkningsanpassning

I den mån tillverkning av ett hjälpmedel blir aktuellt kommer det att handla om styckevis tillverkning. Någon anpassning till automatiserad och löpande produktion är därmed inte nödvändig. Omdöme bör dock användas vid detaljkonstruktionen så att slutresultatet är ett som utan större svårigheter är möjlig att tillverka med konventionella metoder i en vanlig mekanisk verkstad.

Detaljkonstruktionen handlar i stort om att konstruera och montera samman de ingående komponenterna i den lösning som valts ut tidigare. Komponenterna kan generellt delas upp i två kategorier: (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004)

1. Standardkomponenter såsom skruvar, muttrar, lager och andra maskinelement som kan köpas över disk.
2. Unika delar som måste konstrueras och specialtillverkas.

Standardprodukterna väljs ur olika leverantörers produktkataloger. Det som konstruktören behöver göra är att välja rätt produkt och dimensionera den rätt. Givetvis måste användnings- och monteringsanvisningarna från leverantören följas för att säkerställa tillfredsställande funktion av komponenten.

De ingående unika delarna konstrueras och ritningsmaterial tas fram för att möjliggöra tillverkning av detaljerna. Vissa delar är lika redan befintliga och det kanske räcker med mindre modifikationer för att få fram den nya komponenten. Andra gånger måste en komponent tas fram från grunden, vilket ställer större krav på konstruktionsarbetet, t.ex. vad det gäller hållfasthetsberäkningar etc.

Produktens arkitektur och layout måste tas i beaktande under arbetets gång för att säkerställa att alla komponenter och delsystem fungerar tillsammans. Med arkitektur menas här hur produkten är uppbyggd av dellösningar. Produktens layout avser hur de olika komponenterna är organiserade i förhållande till varandra i rummet. (Johannesson, Persson & Pettersson, 2004) Båda dessa aspekter måste beaktas när den färdiga produkten tas fram.

Under detaljkonstruktionsarbetet är modelleringsprogram som Pro/E kraftfulla verktyg. I detta fall används Pro/E som är det program som används mest på SKF. I Pro/E finns också hjälpmedel som gör det möjligt att simulera rörelser och utföra hållfasthetsberäkningar. Detta är mycket användbart för att förfina produkten innan den tillverkas. När en färdig solidmodell finns komplett i Pro/E kan ritningar tas fram i samma program. Vanligtvis behövs en eller ett antal sammanställningsritningar och detaljritningar på alla komponenter som inte anses vara standard maskinelement. Förutom att generella ritningsstandarder följs måste även SKF:s lokala standarder följas.

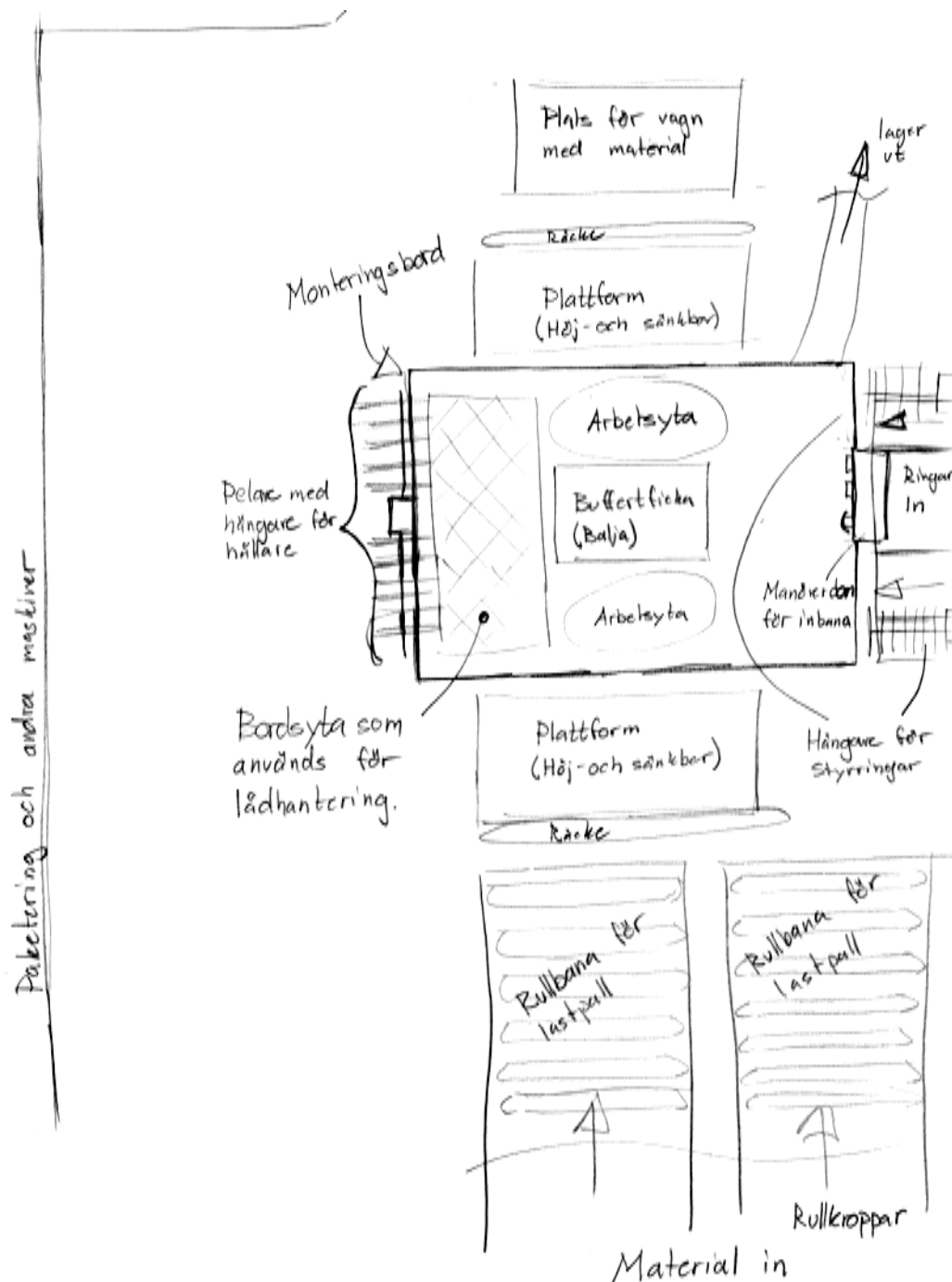
4 INFORMATIONSSINSAMLING

För att kunna påbörja problemlösningsprocessen var det nödvändigt att först kartlägga dagens situation noggrant. Flera möten med både produktionschefen och medarbetarna i K4 resulterade i att bilden av situationen klarnade allt mer.

4.1 Processen

Efter flera studiebesök på K4 där man tillverkar medelstora rullningslager kunde monteringsprocessen beskrivas som följer. Lagren monteras av två medarbetare som står på varsin långsida av ett specialbyggt arbetsbordsbord. Bordet har en försänkning eller balja i mitten som fungerar som en behållare eller buffert för rullkropparna. Denna behållare kallas i fortsättningen buffertfickan. Rullkropparna kommer färdiga från andra produktionskanaler på SKF och är vid leverans till K4 förpackade i lådor som kan väga nära 100kg och innehåller i vissa fall tusentals rullkroppar. Lådorna är normalt lastade så att de fylls till ca 20 centimeter över botten, viktigt då lådornas tyngdpunkt därmed ligger ca 10 cm från inre lådbotten. Under ett skift hanterar medarbetarna ungefär 10st lådor beroende på vilken lagertyp som monteras. Lådorna kommer på lastpall och lyfts upp på bordet med hjälp av travers och specialtillverkade lyftverktyg. Det finns två typer av lådor och därmed även två olika lyftverktyg, ett till varje lådtype. Efter att lådorna har lyfts upp på bordet välts de för hand så att innehållet töms ut i buffertfickan. Ibland töms lådorna helt och den tomma lådan lyfts då ner från bordet. Andra gånger töms inte allt på en gång, utan man kan av olika anledningar välja att tömma lite i taget. När lådorna är tömda skickas de tillbaka till rullkroppskanalerna på företaget. Lådorna går i ett kontinuerligt kretslopp, vilket gör att de måste hanteras på ett sätt som inte resulterar i skador på dem.

När rullkropparna väl är på plats i buffertfickan tar ordinarie monteringsarbete vid. Oftast är det en av de två medarbetarna som arbetar vid monteringsbordet som ensam lyfter upp lådorna på bordet, sedan välts lådorna, antingen av en eller två personer. Här varierar arbetssättet något mellan de olika skiftlagen, gemensamt är dock att lådorna välts på plats på bordet, se markerat område i skiss i figur 4.1 på nästa sida.



Figur 4.1 - Skiss över monteringsstation, K4.

4.2 Problemet

Det framgår tydligt att det är just vältningen av lådorna som är problematisk. Metoden som används idag är inte ergonomiskt hållbar då medarbetarna tvingas luta sig över bordet och hantera de tunga lådorna. Ofta med kroppen vriden och armarna i besvärliga vinklar för att få rullkropparna att hamna rätt i buffertfickan. Tippingen medför även onödiga kvalitetsrisker. Rullkropparna är precisionstillverkade komponenter med mycket exakta mått och ytjämnhet och de riskerar att skadas vid ovarsam behandling. Förutom ergonomiska problem skapar lådvältningsmomentet även andra arbetsmiljöproblem i form av buller och problem med arbetsrotation. På SKF jobbar man mycket med arbetsrotation, vilket betyder medarbetarna byter arbetsstation inom den egna produktionskanalen med

jämna mellanrum. Idag har man enligt produktionschefen problem med detta, då vissa medarbetare inte klarar av att välta lådorna vid monteringsstationen. Ett hjälpmedel som underlättar tömningen av lådorna skulle därför kunna bidra till en förbättrad arbetsrotation.

4.3 Förutsättningar

En viktig och mycket begränsande faktor i det här fallet är bristen på tillgängligt utrymme. Man har inte plats att bygga ut monteringsbordet för att ge plats åt hjälpmedlet. Även möjligheterna att bygga en fristående anordning i anslutning till monteringsbordet är mycket begränsade, se skiss i figur 4.1 På grund av den lilla mängden tillgängligt utrymme har produktionschefen uttryckt önskemål om ett manuellt hjälpmedel snarare än en automatiserad/maskindriven lösning. Flera av medarbetarna önskar dock ett hjälpmedel som vänder lådorna automatiskt eller semiautomatiskt. En sådan lösning är dessvärre inte möjlig i det här fallet. En maskindriven vändare är i sig inte någon omöjlighet, men med gällande regler krävs utrymmeskrävande och sannolikt kostsamma skyddsanordningar. (Fraser, 2010) Det tillkommer även mycket annan kostsam och skrymmande kringutrustning som styrsystem etc. Det har därför fastslagits att hjälpmedlet ska bli manuellt men med kravet att det ändå ska vara så lättanvänt att alla medarbetare kan använda det på ett säkert sätt.

De aktuella lådorna används runt om på hela SKF Göteborg och några ingrepp på lådorna eller byte av lådtype är därför inte möjlig. Det planeras att fasa ut en av lådtype 1 framöver, men i dagsläget krävs en lösning som klarar av båda typer utan större omställning eller modifikation. Lådtyperna är relativt lika i mått men har olika form på handtag och fästpunkter för lyftverktyg.

4.4 Befintliga lösningar

Runt om på SKF:s produktionskanaler finns redan lösningar på mer eller mindre samma problem. De allra flesta är eldrivna lådvändare med tillhörande rullbana, automatiserade i olika utsträckning. De fungerar så att lådan ställs på ett rullband som sedan transporterar lådan till en vändare. När lådan är på plats i vändaren vrids den 90°, varvid innehållet töms ut. Denna typ av lösning är inte lämplig i det här fallet, då de är mycket skrymmande. Det finns dessutom inte tillräckligt med utrymme för att skärma av de rörliga delarna, vilket är ett krav på maskindrivna apparater. (Fraser, 2010) Dagens monteringsbord är inte heller lämpat för denna typ av lösning, då buffertfickan är- och bör behållas, placerad mitt i bordet.

I vissa av rullkroppstillverkningskanalerna används en annan typ av lådor som har en skjutbar lucka på ena långsidan. De lådorna kan helt enkelt placeras där man vill tömma ut innehållet, varvid luckan öppnas. Dessa lådor används inte alls i den aktuella produktionskanalen. Som tidigare fastslagits anses det inte som en möjlig lösning att byta lådtyperna som används, så även denna lösning är utesluten. Av egen erfarenhet vet även författaren att dessa lådor är både tunga, otympliga och bullrar kraftigt när innehåll töms i och ur dem.

I åtminstone en produktionskanal finns ett lyftverktyg avsedd för en speciell lådtype som möjliggör tippning av lådan. En variant på detta hade kunnat fungera med de lådtyper som används i K4. Författarens egna erfarenheter från detta verktyg är dock att tippningen blir okontrollerad och tungarbetad. Eftersom lyftverktyget och lådan lyfts med travers och alltså hänger i en kedja, rör sig lådan och verktyget kraftigt när innehållet i lådan skiftar vid tippning. Det blir därför svårt att kontrollera exakt var innehållet som töms ut ur lådan hamnar och hur mycket och hur snabbt det tippas ut. Idén med ett lyftverktyg med tippfunktion har redan tidigare varit aktuell som lösningsförslag i K4. Detta projekt

avstannade då man i kanalen var tveksam till dess användbarhet. Just detta verktyg var konstruerat endast för en av lådtyperna, vilket gjorde det än mindre attraktivt.

Teknikern på K4 berättade om ett hjälpmedel som funnits tidigare i en annan kanal (se minnesanteckning i bilaga A). En mycket enkel anordning monterad på arbetsbordet. Det fungerade genom att man ställde lådan i en ledad vagga. Operatören drog sedan i en spak som satt fast i vaggan så att vaggan och lådan tippades. En modernare tappning på detta koncept kan visa sig framgångsrikt.

5 PROBLEMLÖSNING

Vägen fram till en lösning började med problemformulering och upprättandet av en kriterielista. När problemet sedan var väldefinierat kunde arbetet med att finna en lösning påbörjas. Flera koncept togs fram och utvärderades. Tillslut återstod ett koncept som ansågs vara det bästa lösningsalternativet. Detta koncept vidareutvecklades sedan till en komplett konstruktion, varefter ritningar och övrigt tillverkningsunderlag togs fram.

5.1 Produktspecifisering

Utifrån informationsinsamlingen kunde en produktspecifisering upprättas. Redan här kunde en av delfrågorna besvaras. Eftersom någon åverkan på lådorna inte kunde tillåtas, måste lådorna tömmas genom den öppna ovansidan. Att plocka ur innehållet, manuellt eller med hjälpmedel, ansågs inte utgöra en möjlig lösning. Detta på grund av det stora antalet komponenter i varje låda. Lådorna måste därmed tippas för att få ut innehållet. Delfrågan ”Finns ett alternativ till dagens lådhantering där lådorna inte behöver vältas alls?” besvarades alltså med ett nej.

Huvudfrågeställningen ”Hur kan ett hjälpmedel som eliminerar den manuella vältningen av lådorna på monteringsbordet utformas?” var fortfarande aktuell.

Delfrågorna som kvarstod var:

- Finns ett alternativ till dagens lådhantering där medarbetarna inte behöver vält lådorna på bordet?
- Finns en lösning på dagens problem som inte kräver el, pneumatik eller hydraulik?
- Går det att bygga in tippningsfunktionen i lyftverktyget/verktygen?
- Kan ett hjälpmedel konstrueras på bordet som underlättar tippningen?
- Finns det en lösning som passar båda lådtypeerna?

Huvudfunktionen formulerades utifrån detta: ”Möjliggöra tömning av lådans innehåll ner i buffertfickan i monteringsbordet genom vältning.”

Tabell 5.1 på nästa sida visar kriterielistan för hjälpmedlet. Som synes innehåller denna inga kriterier som behandlar ekologi och miljö, vilket annars är brukligt. I det här fallet valdes att utelämna dessa kriterier. Anledningen till detta är att en sådan här konstruktion i sig självt är begränsad till att tillverkas av metall med hjälp av vedertagna och redan godkända metoder. Då det rör sig om en konstruktion som är begränsad till att vara manuell, är inte heller användandet eller underhållet något som bedöms som miljöfarligt. Slutligen är metall mycket återvinningsbart och på SKF är man bra på att ta hand om och återvinna all form av metallskrot som uppkommer inom företaget.

Tabell 5.1 - Kriterielistan för hjälpmedlet.

Huvudfunktion: Möjliggöra tömning av lådans innehåll ner i buffertfickan i monteringsbordet genom vältning av lådan.				
Kriterium nr	Kriterium	Krav=K	Önskemål=Ö	Funktion=F Begränsande=B
1	Manuellt		K	B
2	Ej fysiskt krävande, ska kunna användas av alla medarbetare		K	F
3	Passa båda lådtypeper (ingen modifiering av lådor)		K	B
4	Klara 100kg		K	B
5	Klara lastväxlingen när innehållet skiftar		K	F
6	Kontrollerad rörelse		K	F
7	Ingen klämrisk		K	B
8	Säkert för rullkropparna (undvika repor, slagmärken etc.)		K	B
9	Ej förhindra åtkomst från mont. bordets båda långsidor		K	B
10	Kompatibelt med dagens lyftanordning och ev. verktyg		K	B
11	Låsa fast lådan under tippning		K	F
12	Klara olika vikt på lådorna beroende på mängden innehåll		K	F
13	Låsa tippfunktionen vid ilastning av låda		K	F
14	Minimala modifikationer på mont. stationen		Ö - 4	B
15	Klara endast delvis tömning, reversibelt		Ö - 5	F
16	Utrymmeseffektivt		Ö - 5	B
17	Lågt placerat (över bordsskivan)		Ö - 4	B
18	Underhållsfritt		Ö - 3	B
19	Buffertfickan behålls i mitten av monteringsbordet		Ö - 5	B
20	Buffertfunktion för flera lådor		Ö - 3	F
21	Enkel lösning		Ö - 5	B

5.2 Lösningssökning/Konceptgenerering

När kriterielistan var färdigställd kunde lösningssökandet börja. För att underlätta denna process delades huvudfunktionen upp i 7 delfunktioner.

1. Placera lådan i hjälpmedlet, avser hur lådan ska förflyttas från lyftverktyget till hjälpmedlet.
2. Hålla fast/låsa lådan, förhindra att lådan ramlar ut ur hjälpmedlet under tippning.
3. Tippa lådan
4. Fånga upp och leda rullkropparna till buffertfickan. Hur ska rullarna, på ett säkert sätt, transporteras från den tippade lådan till buffertfickan?
5. Kontrollera rörelse. Hur ska rörelsen kontrolleras så att den t.ex. inte blir för snabb?
6. Assistera rörelse, avser funktionen att reducera nödvändig kraft för att manövrera vältningen.
7. Låsa tippfunktionen, avser hur tippfunktionen ska låsas i ett visst läge. Som minst måste den kunna låsas i ilastningsläge.

En brainstormingsession resulterade i de flesta av dellösningarna som kan ses i den morfologiska matrisen, tabell 5.2 nedan. Vissa av dellösningarna tillkom senare, i samband med att skissandet på koncepten påbörjades föddes nya idéer.

Tabell 5.2 - Morfologisk matris.

Delfunktion	Dellösningalternativ						
Placera lådan i hjälpmedlet	Lyfta i (med befintliga lyftverktyg)	Rullbana	"Hasa" på bordet	Integrera hjälpmedlet i lyftverktyget/en	Placera verktyget över lådan	Lyftverktygen placeras i hjälpmedlet	Hjälpmedlet placeras på lådan under lyftet
Hålla/låsa fast lådan	Skenor i spår eller överkant	Spärrar i (lådornas) handtag	Spärrar i spår eller överkant	Klämning	Ligger löst i en vagg		
Välta lådan	Lagring	Linjärstyrningar och leder	Leder och stag	Linor, trissor och led	"Cirkulärstyrning"	Svängda medar	
Fånga upp och leda RK:na till buffertfickan	Placera hjälpmedlet vid fickan	Ränna under bordet	Ränna på bordet	Förlänga fickan	Ränna integrerad i hjälpmedlet		
Kontrollera rörelse	Gasfjäder	Motvikt	Utväxling	Ändlägesdämpare			
Assistera rörelse	Gasfjäder	Motvikt	Utväxling	Balanserad placering av led	Hävarmekanism		
Låsa tippfunktion	Gasfjäder (låsbar)	Spärr	Utväxling (låsbar)	Stabilt jämviktsläge			

Dellösningarna kombinerades sedan genom att linjer ritades in i den morfologiska matrisen. I tabell 5.3 nedan ses de olika koncepten, och i kommande underkapitel beskrivs de mer ingående.

Tabell 5.3 – Koncept.

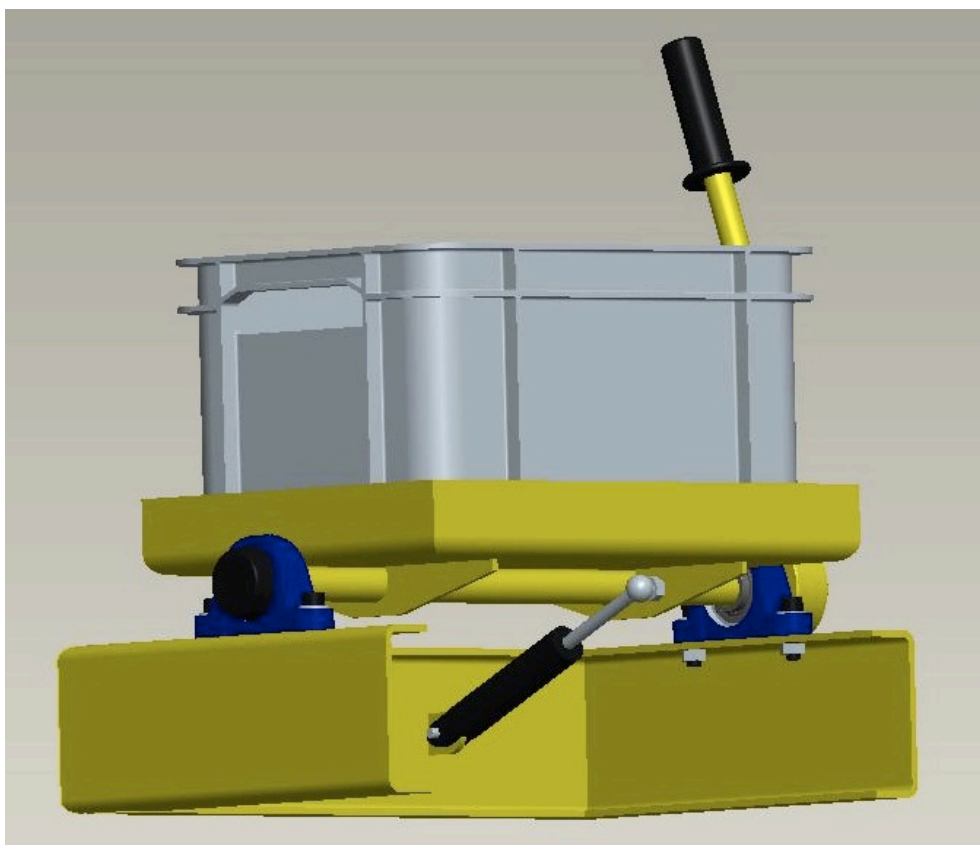
Nr	Lösning
1	Lyfta i (med befintliga lyftverktyg) - Spärrar i (lådornas) handtag - Lagring - Placera hjälpmedlet vid fickan - Gasfjäder - Balanserad placering av led - Gasfjäder (låsbar)
2	Lyfta i (med befintliga lyftverktyg) - Ligger löst i en vagga - Lagring - Placera hjälpmedlet vid fickan - Gasfjäder - Hävarsmekanism - Gasfjäder (låsbar)
3	Rullbana - Skenor i spår eller överkant - Lagring - Placera hjälpmedlet vid fickan - Gasfjäder - Balanserad placering av led - Gasfjäder (låsbar)
4	Rullbana - Ligger löst i en vagga - Lagring - Placera hjälpmedlet vid fickan - Gasfjäder - Balanserad placering av led - Gasfjäder (låsbar)
5	Rullbana - Skenor i spår/överkant - "Cirkulärstyrning" - Placera hjälpmedlet vid fickan - Utväxling - Utväxling - Utväxling (låsbar)
6	Integrera hjälpmedlet i lyftverktyget/en - Skenor i spår/överkant resp. Klämning - Lagring - ... - Gasfjäder - Balanserad placering av led - Spärr
7	Lyftverktygen placeras i hjälpmedlet - Skenor i spår eller överkant resp. Klämning - Lagring - Placera hjälpmedlet vid fickan - Utväxling - Utväxling - Utväxling (låsbar)
8	Hjälpmedlet placeras på lådan under lyftet - Spärrar i (lådornas) handtag - Svängda medar - ... - Motvikt - ... - ...
9	Rullbana - Skenor i spår eller överkant - Lagring - Ränna under bordet - Gasfjäder - Balanserad placering av led - Gasfjäder (låsbar)
10	Lyfta i (med befintliga lyftverktyg) - Spärrar i (lådornas) handtag - Lagring - Placera hjälpmedlet vid fickan - Gasfjäder - Hävarsmekanism - Gasfjäder(låsbar)
11	Lyfta i (med befintliga lyftverktyg) - Spärrar i (lådornas) handtag - Lagring - Förlänga fickan - ... - Balanserad placering av led - Spärr
12	Lyfta i (med befintliga lyftverktyg) - Spärrar i (lådornas) handtag - Lagring - Placera hjälpmedlet vid fickan - ... - Balanserad placering av led - Spärr

5.2.1 Koncept 1

Hjälpmedlet är placerat på bordet och rymmer en låda som lyfts i med de befintliga lyftverktygen. Lådan hålls på plats av spärrar som går in i lådornas handtag eller annan geometri på kortsidan. Lådan vinklas genom att vaggan som den står och är fastspärrad i är monterad i en lagring. Lagringen är placerad så att lådan bara behöver dras ur sitt jämviktsläge, sedan välter den lastade lådan av sig själv. En gasfjäder byggs in och fyller flera funktioner:

1. Kontrollera rörelsens hastighet
2. Återföra vaggan till sitt ursprungsläge när lådan är tömd
3. Genom att välja en låsbar gasfjäder kan vaggan låsas i vilket läge som helst. Framförallt är det viktigt att kunna låsa den i ilastningsläge.

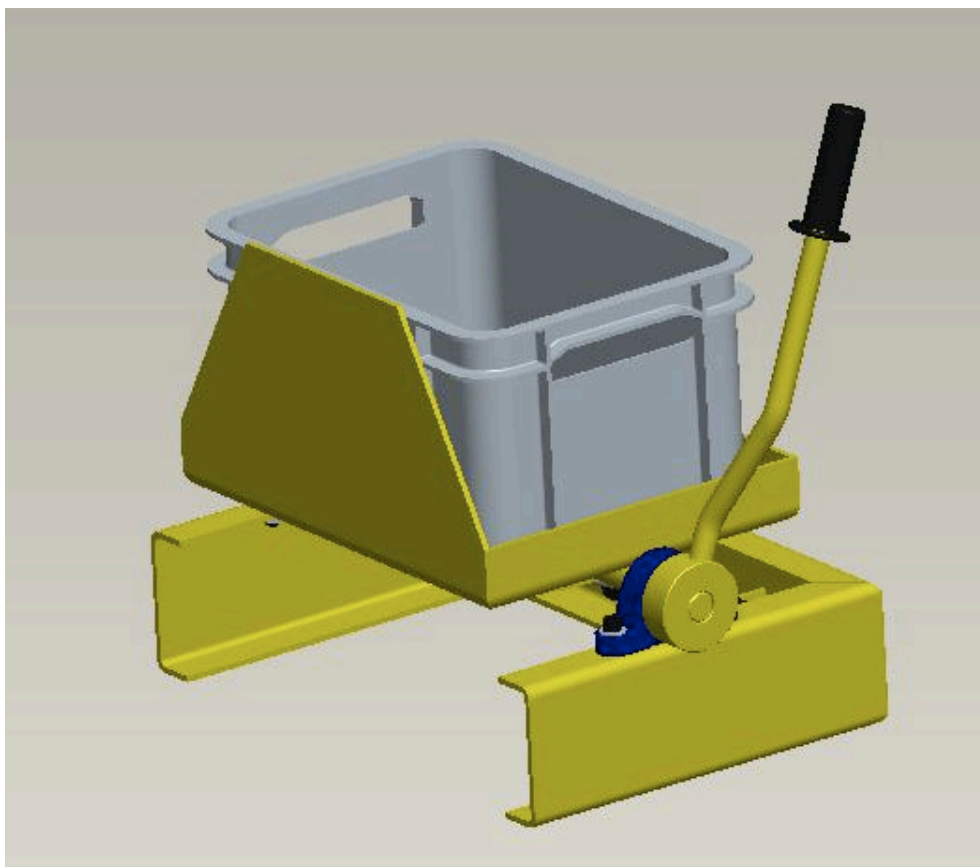
Se figur 5.1 för en modell av koncept 1, spärrarna visas ej här.



Figur 5.1 - koncept 1, solidmodell. Hjälpmedlet monteras fast på monteringsbordet. Gasfjädern kontrollerar tippningsmomentet.

5.2.2 Koncept 2

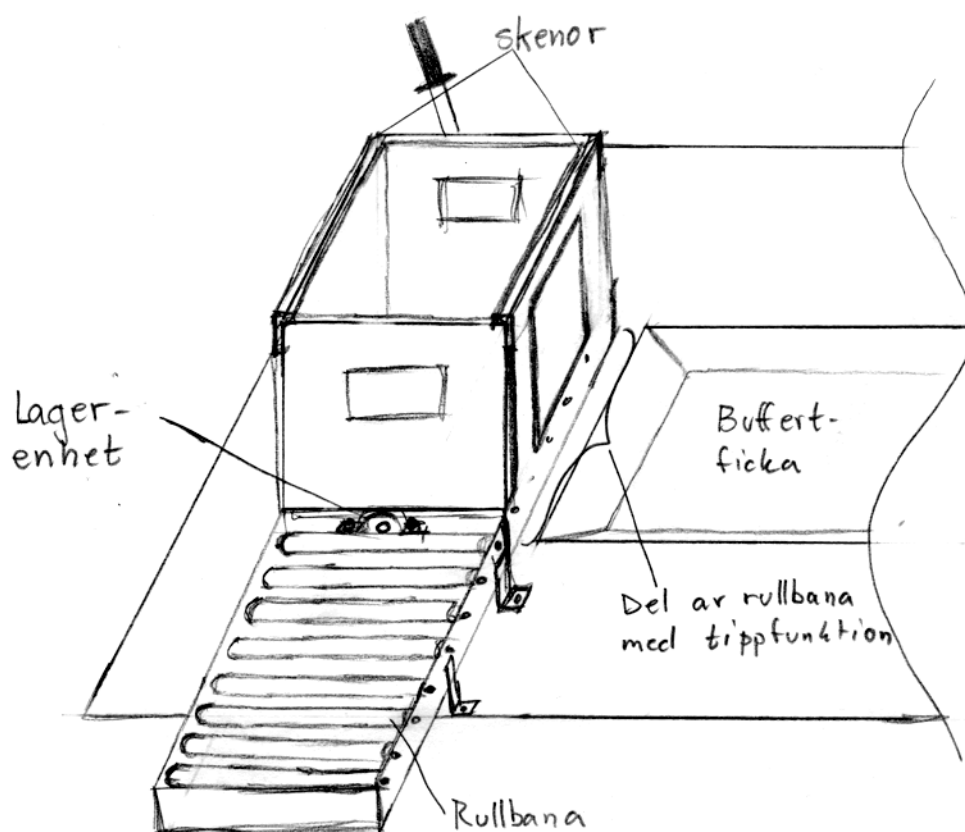
Likt koncept 1 är hjälpmedlet placerat på monteringsbordet vid buffertfickan och har plats för en låda. Tippningen underlättas ytterligare av en hävarmsmekanism. Koncept 2 inkluderar inga spärrar utan vaggan konstrueras så att lådan ligger kvar i den ändå, t.ex. genom att lådans långsida som hamnar neråt vid tippningen ligger an mot en förhöjd sida på vaggan. En gasfjäder används även här för att fylla samma funktioner som i koncept 1. Se figur 5.2 för en modell av koncept 2, hävarmsmekanismen visas ej här.



Figur 5.2 - Koncept 2, solidmodell. Denna vändare monteras på bordet, vid buffertfickan.

5.2.3 Koncept 3

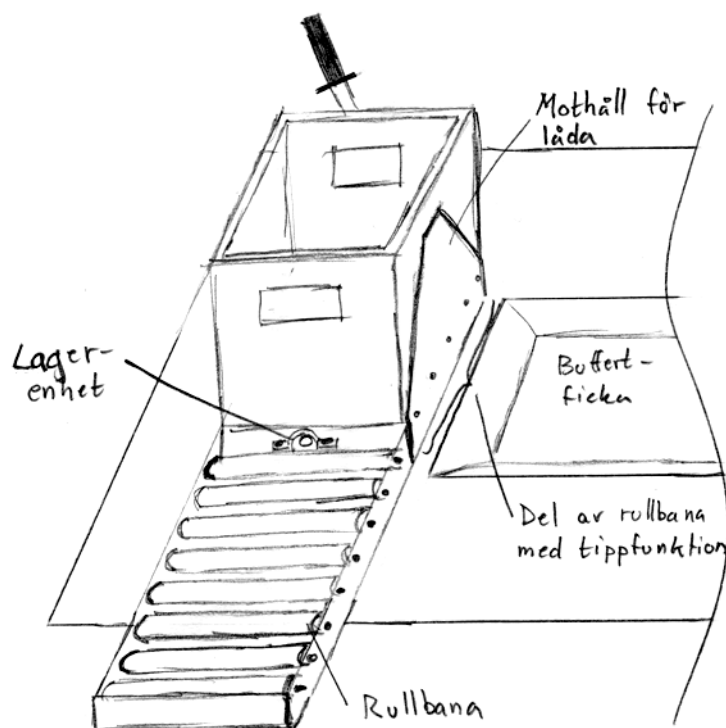
Detta koncept skiljer sig från de två tidigare genom att det inkluderar en rullbana. På så sätt fås eventuellt en buffertplats för en extra låda. Detta kunde vara till fördel då två lådor i taget kunde lastas i, på så sätt reduceras antalet gånger medarbetaren behöver lämna monteringsarbetet för att lyfta lådor. Lådan/Lådorna ställs på rullbanan och skjuts sedan manuellt in i den ledade vaggan, som även den är en del av rullbanan. Eftersom lådan skjuts in från sidan snarare än ställs i vaggan kan en annan typ av fastlåsning användas. Denna består av skenor som håller fast lådan i överkant. Då de olika lådtypeperna är olika höga måste dessa göras justerbara. Tippfunktionen fungerar på samma sätt som för koncept 1, alltså med en lagrad led och en gasfjäder. Se figur 5.3 för en skiss av koncept 3.



Figur 5.3 - Koncept 3, skiss. Lådan skjuts in i vaggan med hjälp av rullbanan.

5.2.4 Koncept 4

Koncept 4 är snarlikt koncept 3. Skillnaden är att skenor inte används för att låsa fast lådan utan den ligger löst i vaggan. Se figur 5.4 för en skiss av koncept 4.



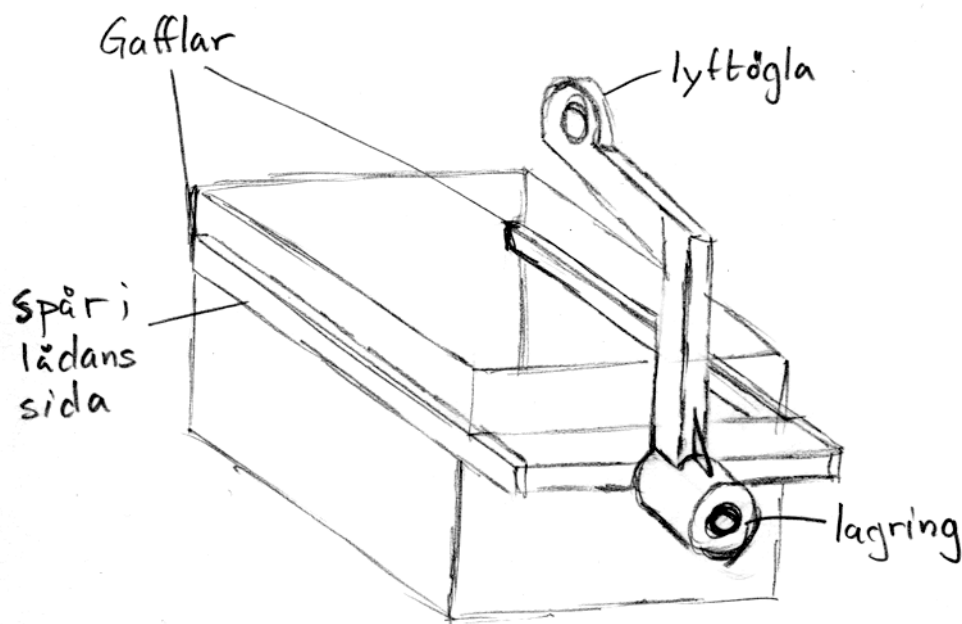
Figur 5.4 - Koncept 4, skiss. Rullbanan används för att skjuta in lådan i vaggan.

5.2.5 Koncept 5

Koncept 5 är snarlikt koncept 3 med skillnaden att en utväxling används för att underlätta tippningen av lådan. Om en snäckväxel eller liknande används behövs ingen annan låsning av vaggan. Istället för en lagring kan en modifierad linjärstyrningsenhet användas vars linjal har formats till ett cirkelsegment. Försiktighet krävs dock i valet av linjärenhet då vissa klarar denna typ av modifikation, andra inte.

5.2.6 Koncept 6

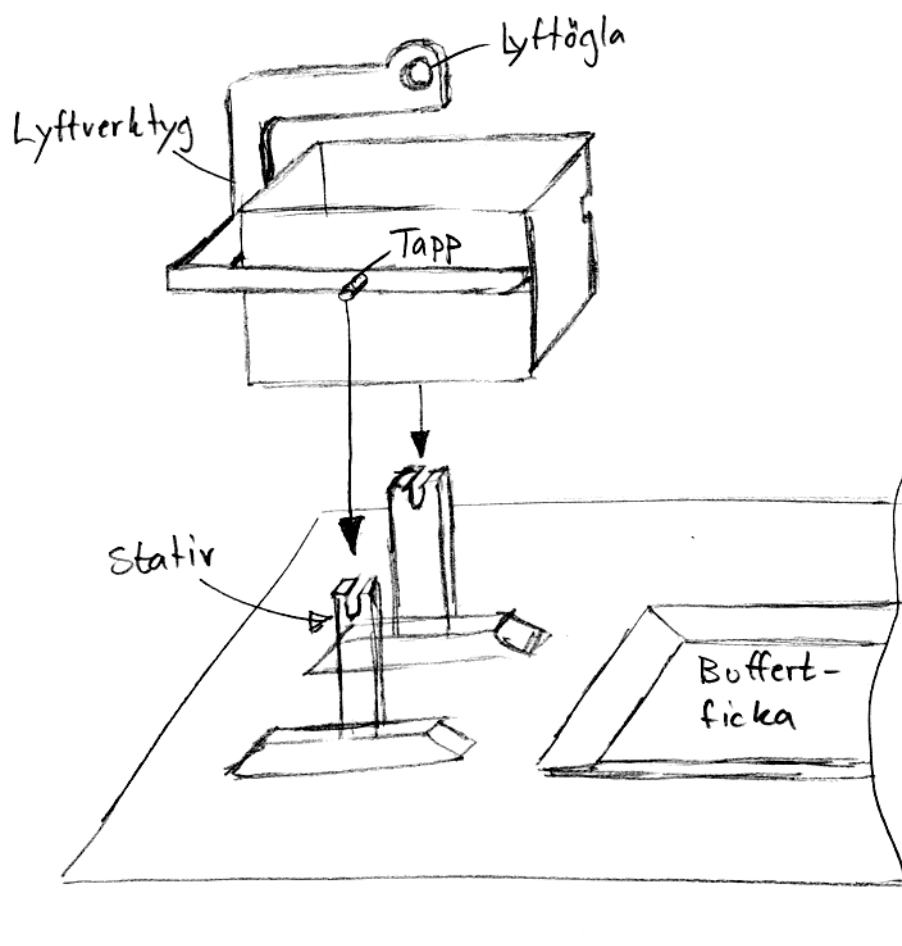
Detta koncept skiljer sig från de övriga då det inte är placerat på eller i anslutning till monteringsbordet. Här är tippfunktionen integrerad i lyftverktygen som används för att lyfta upp lådorna på monteringsbordet. Fästansordningarna som används för lådorna beror på lådtype och är likadana som de som används i dagens lyftverktyg. Tippansordningen består av en lagrad ledpunkt och en gasfjäder. För att undvika ofrivillig tippning under lyftet finns en spärr som måste släppas på innan lådan kan tippas. Se figur 5.5 för en skiss av koncept 6, gasfjädern och spärren för tippfunktionen visas ej här.



Figur 5.5 - Koncept 6 skiss. Tippningsfunktionen är integrerad i lyftverktygen, här visas verktyget för lådtype 2.

5.2.7 Koncept 7

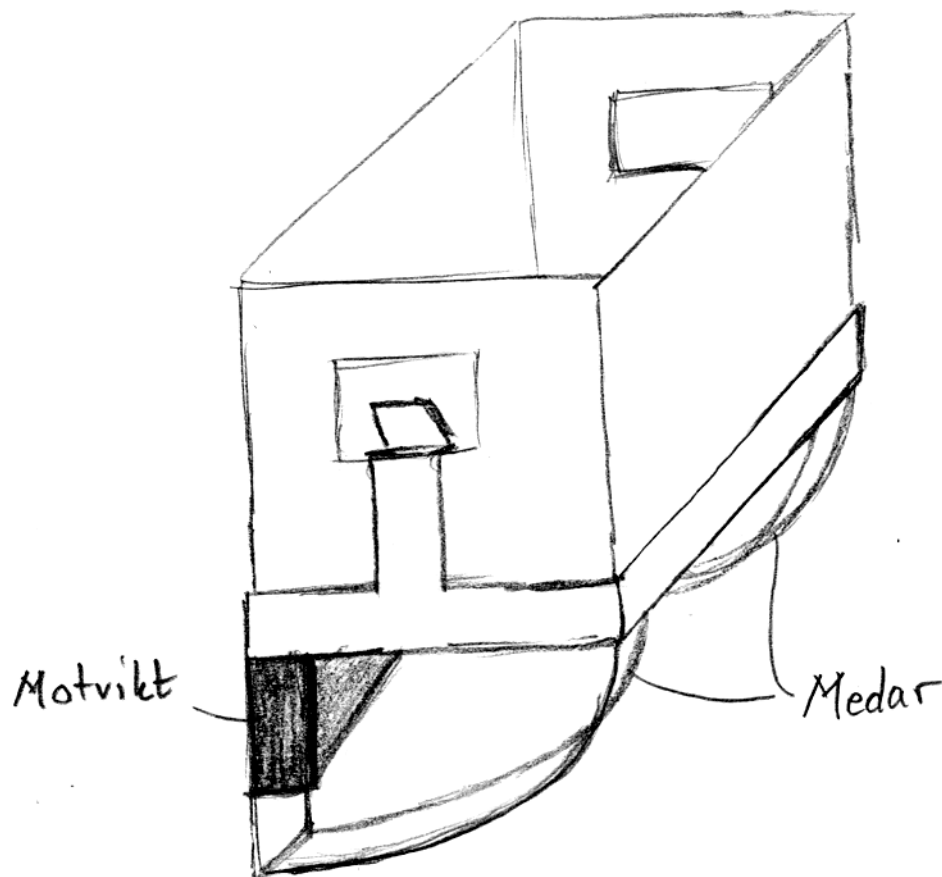
Koncept 7 är något av ett mellanting mellan ett hjälpmedel integrerat i lyftverket och ett monterat på bordet. Lyftverket har tappor monterade på båda sidor som passar i ett stativ på monteringsbordet. Genom samverkan mellan lyftverktyg och stativ möjliggörs tippning av lådan. Precis som för koncept 7 krävs två olika typer av lyftverktyg. Stativet är dock samma för båda lådtype/lyftverktyg. Se figur 5.6 för en skiss av koncept 7.



Figur 5.6 - Koncept 7, skiss. Lyftverktygen passar i ett stativ på arbetsbordet, här visas hjälpmedlet passande lådtype 2.

5.2.8 Koncept 8

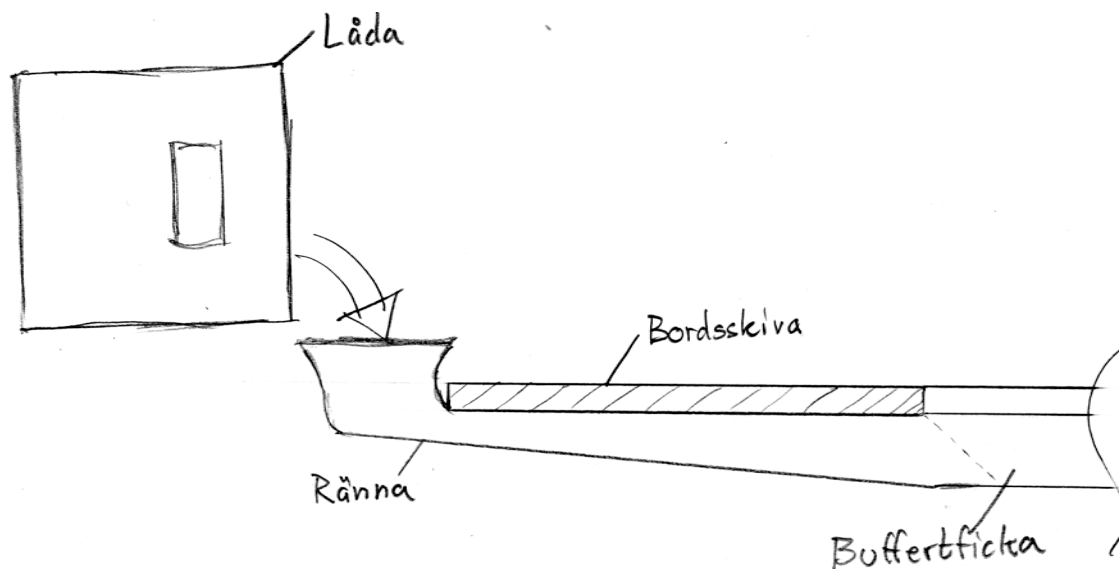
Liksom koncept 7 är koncept 8 ett mellanting mellan en i lyftverktyget integrerad tippfunktion och ett hjälpmedel monterat på bordet. Här används ett hjälpmedel som monteras på lådan under lyftet från lastpallen till bordet. Det har två svängda medar som hjälper till att välta lådan. För att kontrollera rörelsen används en motvikt i bakkant. Se figur 5.7 för en skiss av koncept 8.



Figur 5.7 - Koncept 8, skiss. Hjälpmedlet monteras på lådan när den lyfts upp på arbetsbordet. Medarna underlättar tippningen av lådan och motvikten gör tippningsmomentet mer kontrollerat.

5.2.9 Koncept 9

Koncept 9 är identiskt med koncept 3, men med skillnaden är att hjälpmedlet kan placeras på ett fristående stativ bredvid bordet. Detta är möjligt genom att lådans innehåll leds till buffertfickan genom en ränna som går under bordsskivan. Denna ränna kan ses skissad i figur 5.8. Rännsystemet kan även användas i kombination med flera av de andra koncepten för att förflytta vändaren från bordet till ett eget stativ.



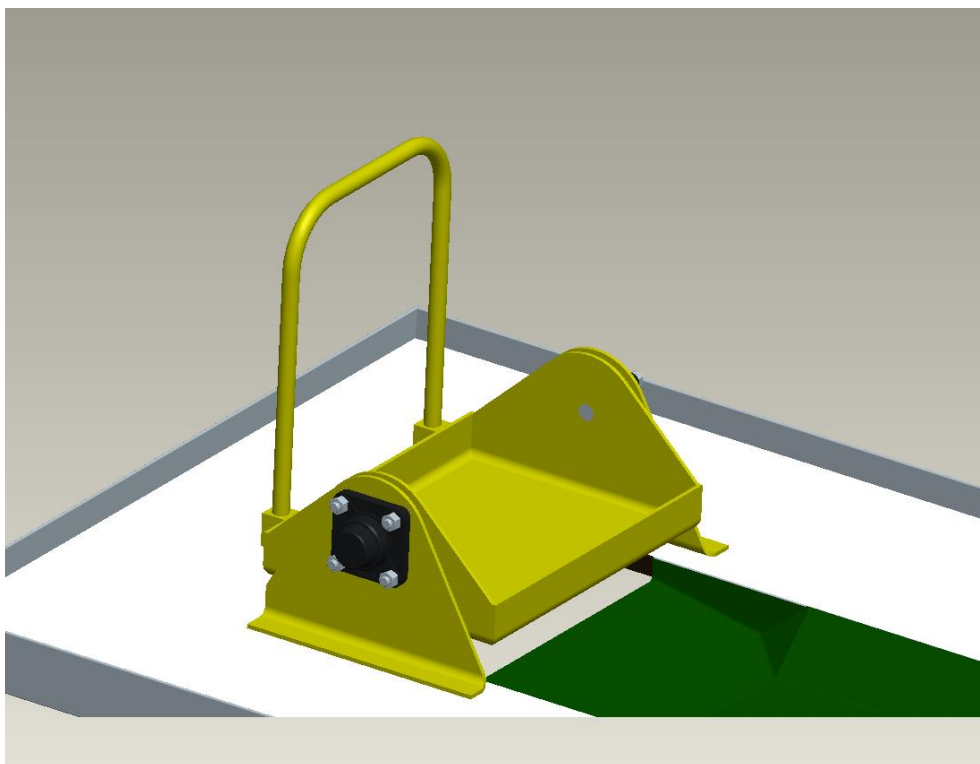
Figur 5.8 - Rännan under monteringsbordet, enligt koncept 9, skiss.

5.2.10 Koncept 10

Koncept 10 är mycket likt koncept 1 med skillnaden att en hävarmsmekanism underlättar manövreringen av tippfunktionen. Denna möjliggör också en förflyttning av manövreringshandtaget som t.ex. skulle kunna monteras vid respektive långsida av monteringsbordet.

5.2.11 Koncept 11

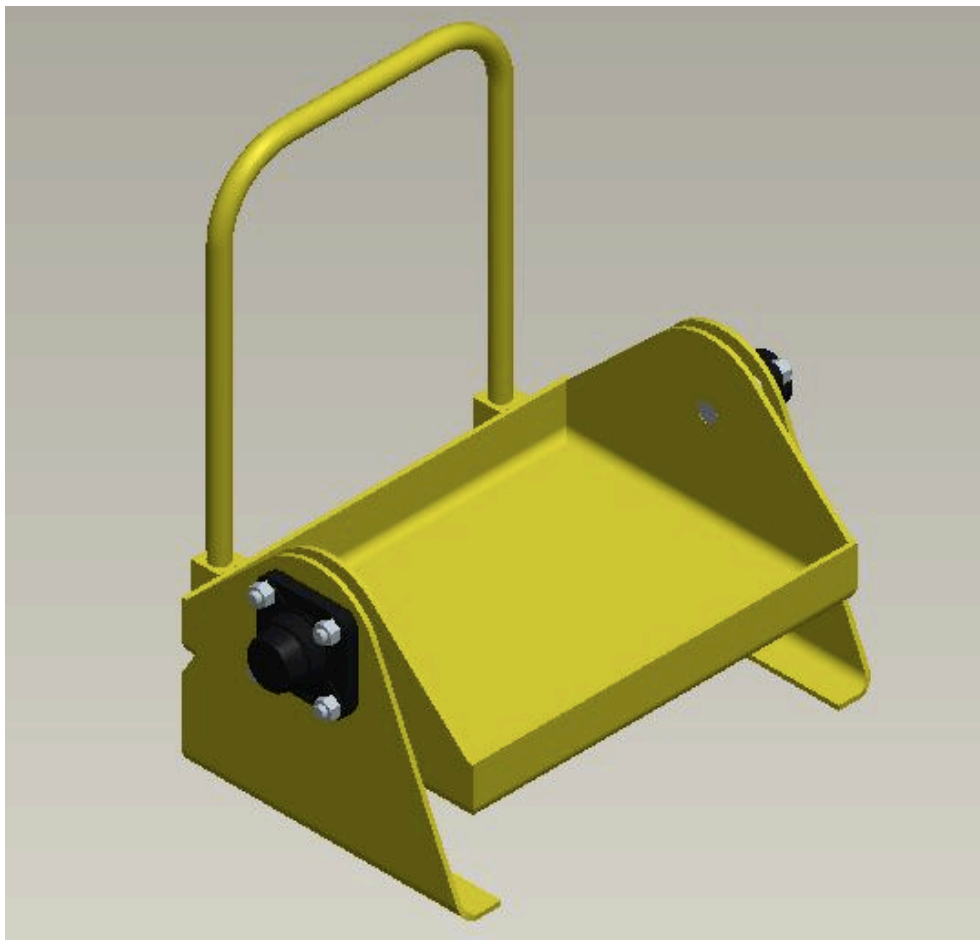
Koncept 11 och 12 är mycket lika. Båda är något enklare än tidigare koncept. De består av ett stativ som håller en lagrad vagg. Lagringen ligger nära tyngdpunkten för en fullastad låda vilket gör anordningen lättmanövrerad, utan hjälp av någon gasfjäder eller annan hjälpmekanism. Lådan låses fast av spärrar i lådans handtag eller annan lämplig geometri. Genom att buffertfickan och dess hål i monteringsbordet förlängs kan vändaren göras låg, vilket underlättar ilastningen och medför lägre fallhöjd för rullkropparna. En solidmodell av koncept 11 kan ses i figur 5.9.



Figur 5.9 - koncept 11, solidmodell. Lagringen sitter nära lådans tyngdpunkt. Hålet i bordet under vändaren medför att den kan göras låg, vilket underlättar ilastningen.

5.2.12 **Koncept 12**

Koncept 12 är snarlikt koncept 11 med undantaget att förlängningen av buffertfickan och den tillhörande försänkningen i bordet under anordningen saknas. Detta för att minska nödvändiga ingrepp på monteringsbordet. Nackdelen med detta är att lagringen och därmed vaggan måste sitta högre monterad för att vaggan ska gå fri över bordsskivan. En högre höjd på vaggan innebär att lådan måste lyftas högre och att rullkropparna utsätts för en större fallhöjd när de tippas ner i buffertfickan. Den högre fallhöjden kan i värsta fall medföra skador på rullkropparna. Figur 5.10 visar en solidmodell av koncept 12.



Figur 5.10 - Koncept 12, solidmodell. Vändaren är mycket lik den som presenterades i koncept 11. Skillnaden är att den är avsevärt högre.

5.3 Utvärdering och val av koncept

De tolv ovan beskrivna koncepten skulle nu utvärderas för att bedöma vilket som var bäst. I olika steg tunnades mängden koncept ut tills endast ett återstod.

5.3.1 Kravuppfyllnad och elimineringsmatris

För att sälla bort ohållbara koncept utvärderades först alla koncept med en elimineringsmatris. Förberedande arbete för denna elimineringsmatris bestod i att utvärdera koncepten utifrån kraven från kriterielistan. En matris upprättades för att på ett tydligt sätt kunna utvärdera varje koncept med avseende på varje krav. Se tabell 5.4 på nästa sida. Krav som uppfylls först under detaljkonstruktionen gavs ett plustecken inom parentes. Exempel på detta är kravet på maxlast, som uppfylls först när de olika komponenterna dimensioneras.

När koncepten var utvärderade med avseende på kraven kunde en elimineringsmatris enligt Pahls och Beitzs modell upprättades, se tabell 5.5 på sidan 29. Koncepten utvärderades på fem punkter för att avgöra deras lämplighet:

- Uppfyller konceptet huvudfunktionen?
- Uppfylls samtliga krav?
- Är konceptet realistiskt?
- Är konceptet ekonomiskt realistiskt?
- Är konceptet säkert och ergonomiskt?

Tabell 5.4 - Kravuppfyllnad för de olika koncepten.

Koncept				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Huvudfunktion: Möjliggöra tömning av lådans innehåll ner i buffertfickan i monteringsbordet genom vältning av lådan.				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kriterium nr	Kriterium	Krav=K Önskemål=Ö	Funktion=F Begränsande=B												
1	Manuellt	K	B	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Ej fysiskt krävande, ska kunna användas av alla medarbetare	K	F	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	?	?	?	(+)	(+)	+	+
3	Passa båda lådtypeper (ingen modifiering av lådor)	K	B	+	+	+	+	+	-	-	?	+	+	(+)	(+)
4	Klara 100kg	K	B	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
5	Klara lastväxlingen när innehållet skiftar	K	B	+	+	+	+	+	-	+	?	+	+	+	+
6	Kontrollerad rörelse	K	F	+	+	+	+	(+)	-	+	?	+	+	+	+
7	Ingen klämrisk	K	B	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	?	(+)	-	(+)	(+)	(+)	(+)
8	Säkert för rullkropparna (undvika repor, slagmärken etc.)	K	B	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	?	(+)	?	?	(+)	(+)	(+)
9	Ej förhindra åtkomst från mont. bordets båda långsidor	K	B	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	(+)	+	(+)	(+)	+	+
10	Kompatibelt med dagens lyftanordning och ev. lyftverktyg	K	B	+	(+)	+	+	+	+/-	+/-	+	+	+	+	+
11	Låsa fast lådan under tippning	K	F	+	?	+	?	+	+	+	?	+	+	+	+
12	Klara olika vikt på lådorna beroende på mängden innehåll	K	F	(+)	(+)	(+)	(+)	+	?	+	?	(+)	(+)	+	+
13	Låsa tippfunktionen vid ilastning av låda	K	F	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
				+	?	+	?	+	-	-	-	?	+	+	+
(+) Dessa kriterier uppfylls under detaljkonstruktionsarbetet															

Tabell 5.5 - Elimineringsmatris efter Pahls och Beitzs modell.

Koncept nr	Löser huvudproblemet	Uppfyller krav	Realistisk	Ekonomiskt realistisk	Säker och ergonomisk	Kommentar	Beslut
1	+	+	+	+	?		+
2	+	?	+	+	?	Ligger lådan säkert?	-
3	+	+	+	+	?		+
4	+	?	+	+	?	Ligger lådan säkert?	-
5	+	+	+	?	+	Dyr och krånglig utväxling?	+
6	+	-	?	+	-		-
7	+	-	?	?	?		-
8	+	-	-	+	-		-
9	+	?	?	+	?	Onödigt krånglig? Oåtkomlig ränna	-
10	+	+	+	+	?		+
11	+	+	+	+	+	Enkel. Måste bygga bort klämrisk	+
12	+	+	+	+	+	Enkel. Måste bygga bort klämrisk	+

5.3.1.1 Koncept 1

Koncept 1 klarade sig bra på alla punkter förutom ”säker och ergonomisk” där det fick ett frågetecken. Detta på grund av en viss osäkerhet kring klämrisk och hur stora krafter som krävs för manövreringen av tippannordningen. En viss oro fanns också att gasfjädern skulle motverka tippningen av lätt lastade lådor. Konceptet fick ändå gå vidare då det ansågs vara en möjlig lösning. Förbehållet att noggrant utförd konstruktion av tippannordningen kunde reducera kraften som krävs för tippning av lätt lastade lådor, med bibehållen funktion och säkerhet för de tyngre lådorna. Klämriskens ansågs vara en konstruktionsfråga som löses under konstruktionsarbetet.

5.3.1.2 Koncept 2

Koncept 2 valdes bort på p.g.a. osäkerhet kring hur väl kravet på lådans fastlåsning uppfylls. Generellt är denna typ av lösning på lådans fasthållning lite osäker och kan påverkas av hur hjälpmedlet används, hur lådorna är lastade m.m. Någon formbetingad fastlåsning av lådan, t.ex. spärrar är säkrare för en bredare variation i användningsförhållanden.

5.3.1.3 Koncept 3

Koncept 3 fick gå vidare med samma förbehåll som koncept 1. Tippannordningen måste konstrueras så att kraften som krävs för att manövrera den minimeras.

5.3.1.4 Koncept 4

Precis som för koncept 2 ansågs lösningen för lådans fastlåsning för osäker. Koncept 4 förkastades.

5.3.1.5 Koncept 5

Koncept 5 klarade sig bra och går vidare. Osäkerhet fanns emellertid kring både utväxlingen och ”cirkulärstyrningen”. Konstruktionen antogs bli både komplicerad och dyr.

5.3.1.6 Koncept 6

Koncept 6 förkastades då det inte uppfyllde kraven. Dessutom ansågs säkerheten och ergonomin vara dålig. Framförallt berodde detta på att lådan vid tippning hade hängt i en traverskedja och därmed inte haft någon styrning i horisontalplanet. Detta skulle göra hjälpmedlet mycket känsligt för lastväxlingen när lådornas innehåll töms ut.

5.3.1.7 Koncept 7

Många frågetecken och ouppfyllda krav gjorde att detta koncept inte bedömdes som en potentiell lösning. En viktig anledning till att detta koncept valdes bort var den potentiella klämriskens mellan tappen på lyftverktyget och stativet. Då två lådtyper används hade detta koncept också krävt att två olika konstruktioner skapades, en per lådtype.

5.3.1.8 Koncept 8

Även koncept 8 förkastades på grund av många osäkerhetsfaktorer och ett osäkert helhetsintryck.

5.3.1.9 Koncept 9

Koncept 9 omgavs av många frågetecken. Framförallt ifrågasattes nödvändigheten av en ränna, då det blev mer och mer klart att det tillgängliga utrymmet runt monteringsbordet inte tillät ett fristående hjälpmedel. Koncept 9 gick därmed inte vidare.

5.3.1.10 Koncept 10

Koncept 10 gick vidare med samma motivation och förbehåll som koncept 1. Alltså att noggrant utförd konstruktion av tippanordningen kunde reducera kraften som krävs för tippning av lätt lastade lådor, men med bibehållen funktion och säkerhet för de tyngre lådorna.

5.3.1.11 Koncept 11

Koncept 11 klarade sig mycket bra i denna första utvärdering och gick vidare. En viktig aspekt var klämriskens, som måste byggas bort under konstruktionsarbetet.

5.3.1.12 Koncept 12

Koncept 12 klarade sig också bra och bedömdes rimligt att arbeta vidare med. Även här måste klämriskens byggas bort.

5.3.2 Jämförande Pugh-matris

De olika alternativen skulle nu jämföras med varandra. Det första steget i denna process var en matris enligt Pughs modell, där alla koncept jämfördes med koncept 1 som användes som referens. Se tabell 5.6 på nästa sida. De alternativ som fick högst nettovärde behölls för vidare urval. I det här fallet behölls fyra alternativ.

Tabell 5.6 - Relativ beslutsmatris efter Pughs modell.

Kriterium	Koncept					
	1 (ref)	3	5	10	11	12
Minimala modifikationer på monteringsstationen	DATUM	-	-	0	-	0
Klara endast delvis tömning, reversibelt		0	0	0	0	0
Utrymmeseffektivt		-	-	0	+	+
Lågt placerat (över bordsskivan)		-	-	0	+	0
Underhållsfritt		-	-	-	+	+
Buffertfickan behålls i mitten av monteringsbordet		0	0	0	0	0
Buffertfunktion för flera lådor		+	+	0	0	0
Enkel lösning		-	-	-	+	+
Summa +		1	1	0	4	3
Summa 0		2	2	6	3	5
Summa -		5	5	2	1	0
Nettovärde	0	-4	-4	-2	3	3
Rangordning	3	5	5	4	1	1
Vidareutveckling	JA	NEJ	NEJ	JA	JA	JA

5.3.2.1 Koncept 1 (referens)

Som referensalternativ erhöll koncept 1 ett nettovärde av noll. Jämfört med de andra alternativen hamnade koncept 1 på tredje plats, det gick därmed vidare för ytterligare utvärdering.

5.3.2.2 Koncept 3

Med ett nettovärde av -6 klarade sig koncept 3 dåligt i jämförelse med de övriga alternativen. Detta berodde på att koncept 3 är ett mer komplicerat alternativ som upptar mer utrymme, kräver mer underhåll och större modifikationer av monteringsbordet. Därmed förkastades koncept 3

5.3.2.3 Koncept 5

Med samma nettovärde och resonemang som för koncept 3 förkastades även koncept 5.

5.3.2.4 Koncept 10

Koncept 10 hamnade nära referensalternativet med ett nettovärde på -2. Detta berodde på att hävarmsmekanismen ansågs mer komplicerad och antogs kräva mer underhåll. Koncept 10 behölls.

5.3.2.5 Koncept 11

Ett av de två bästa alternativet enligt Pugh-matrisen, det överträffade referensalternativet på flera punkter:

- Utrymmeseffektivitet
- Lågt placerat över bordsskivan vilket förenklar ilastningen av lådorna och minimerar fallet för rullkropparna då de tippas ner i buffertfickan.
- Kräver mindre underhåll tack vare avsaknaden av gasfjäder. (Som kan behöva bytas ut)
- Konstruktionen är enklare.

5.3.2.6 Koncept 12

Koncept 12 hamnade tillsammans med koncept 11 på en delad första plats enligt Pugh-matrisen. Detta berodde på att koncept 12 delade alla fördelar med koncept 11, undantaget den låga placeringen. Denna nackdel kompensades med fördelen att minimala modifieringar på monteringsbordet skulle krävas.

5.3.3 Betygssättning i Kesselring-matris

Nästa steg i urvalsprocessen var att betygssätta de fyra kvarvarande alternativen. Kriterierna var samma som i Pugh-matrisen, med skillnaden att de nu gavs en viktningssiffra, se tabell 5.7.

Tabell 5.7 - Viktning av kriterier.

Kriterium	Minimala modifieringar på mont. stationen	Klara endast delvis tömning, reversibelt	Utrymmes-effektivt	Lågt placerat (över bordsskivan)	Underhållsfritt	Buffertfickan behålls i mitten av monteringsbordet	Buffertfunktion för flera lådor	Enkel lösning	Summa	Summa/Tot.	Viktfaktor w (1-5)
Minimala modifieringar på monteringsstationen		0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,7	0,3	2,1	0,08	2
Klara endast delvis tömning, reversibelt	0,9		0,5	0,7	0,9	0,5	1	0,5	5	0,18	5
Utrymmeseffektivt	0,8	0,5		0,5	0,8	0,1	1	0,5	4,2	0,15	4
Lågt placerat (över bordsskivan)	0,8	0,3	0,5		0,7	0,1	0,5	0	2,9	0,10	3
Underhållsfritt	0,7	0,1	0,2	0,3		0,1	0,7	0,1	2,2	0,08	2
Buffertfickan behålls i mitten av monteringsbordet	0,7	0,5	0,9	0,9	0,9		0,9	0,5	5,3	0,19	5
Buffertfunktion för flera lådor	0,3	0	0	0,5	0,3	0,1		0,1	1,3	0,05	1
Enkel lösning	0,7	0,5	0,5	1	0,9	0,5	0,9		5	0,18	5
									Tot.	28	1
									Max	5,3	0,19

De olika koncepten erhöill betyg enligt skalorna i tabell 5.8 på nedan. I Kesselring-matrisen (tabell 5.9 nedan) syns rangordningen där koncept 11 fick högst poäng tätt följt av koncept 12. Båda dessa koncept togs med till ett möte med produktionschefen för att få med kanalens åsikter, se kapitel 5.3.4.

Tabell 5.8 - Betygsskalor med avseende på kriterierna.

Minimala modifikationer på mont. stationen		Klara endast delvis tömning, reversibelt		Utrymmeseffektivt		Lågt placerat (över bordsskivan)	
Ant. ingrepp	Betyg	Rev. Mom. från 90°	Betyg	x lådans mått	Betyg	lådbotten mm över bord	Betyg
>4	1	>100	1	>3,5	1	>200	1
3	2	80	2	3	2	150	2
2	3	60	3	2,5	3	100	3
1	4	40	4	2	4	50	4
0	5	<20	5	1,5	5	0	5
Underhållsfritt		Buffertfickan behålls i mitten av monteringsbordet		Buffertfunktion för flera lådor		Enkel lösning	
Ant. komp. krävande UH	Betyg	cm förskjuten från centrum	Betyg	Buffert-kap. ant. lådor	Betyg	Ant. rörl. Delar	Betyg
>8	1	>20	1	0	1	>8	1
6	2	15	2	1	2	6	2
4	3	10	3	2	3	4	3
2	4	5	4	3	4	2	4
0	5	0	5	4	5	0	5

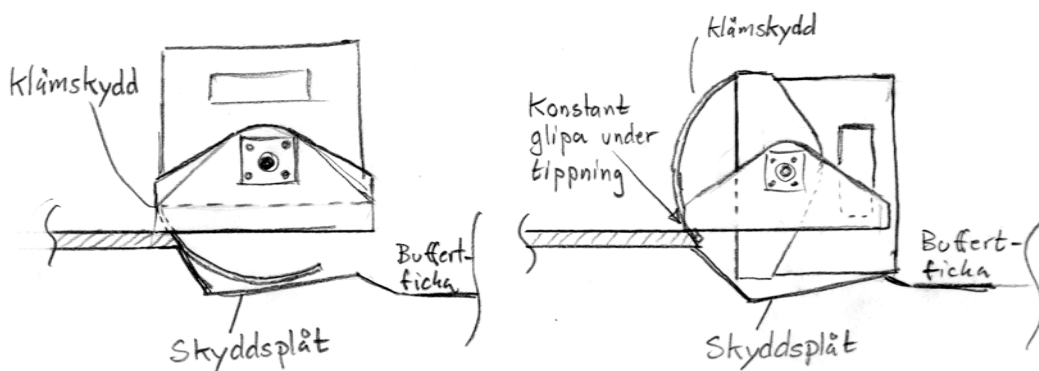
Tabell 5.9 - Kesselring matris.

Kriterium		Koncept									
		Ideal		1		10		11		12	
	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Minimala modifikationer på monteringsstationen	2	5	10	5	10	4	8	4	8	5	10
Klara endast delvis tömning, reversibelt	5	5	25	4	20	4	20	5	25	5	25
Utrymmeseffektivt	4	5	20	5	20	4	16	5	20	5	20
Lågt placerat (över bordsskivan)	3	5	15	1	3	1	3	2	6	1	3
Underhållsfritt	2	5	10	2	4	1	2	3	6	3	6
Buffertfickan behålls i mitten av monteringsbordet	5	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
Buffertfunktion för flera lådor	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Enkel lösning	5	5	25	3	15	2	10	3	15	3	15
Tot. T		135		98		85		106		105	
T/T _{max}		1		0,73		0,63		0,79		0,78	
Rangordning				3		4		1		2	

5.3.4 Möte med produktionschefen 18/10-2012

När utvärderingen var klar hölls ett möte med produktionschefen för att visa resultatet. Modellerna som visades i figurerna 5.1 och 5.10 i kapitel 5.2.1 respektive 5.2.1 togs fram för att visualisera koncepten 1 och 11/12. Då tiden var knapp och likheterna mellan koncept 11 och 12 är stora representerades de två koncepten av en modell, den för koncept 12.

Produktionschefen uppskattade enkelheten hos koncept 11/12 och ansåg att det var ett bra lösningsalternativ. Förslag från hans sida var att sänka ner hjälpmedlet i bordet för att få det lägre (enligt koncept 11) samt att lite olika manövreringsmetoder borde utvärderas. Vidare hade han synpunkter på klämrisker och en skyddsplåt rundbockad till ett cirkelsegment som följer med vaggan vid tippningen diskuterades, se skiss i figur 5.11. Denna skulle göra att gliporna mellan vaggan och bordet hålls konstanta under tippningen. På så sätt förhindras fingrar och händer från att komma emellan och i kläm.



Figur 5.11 – Rundbuckad skyddsplåt, principskiss.

Under mötets gång kom även två av K4:s medarbetare in och tittade på koncept 12. Till en början uttryckte de motstånd mot ett manuellt hjälpmedel i allmänhet. De menade att det enda som skulle fungera var ett automatiskt drivet hjälpmedel. De ifrågasatte också att hjälpmedlet tog upp så mycket bordsyta. Efter en diskussion förstod de delvis motiven bakom valet av ett manuellt hjälpmedel och motstridigheten i önskemålen automatiskt och minimalt upptaget utrymme.

Trots en viss skepticism från medarbetarnas sida tyckte produktionschefen att arbetet med koncept 11 skulle fortsätta. När koncept 11 var ytterligare utvecklat och en bra modell tagits fram skulle det inledas en dialog med skiftlagen under de veckovis återkommande arbetsplatsträffarna.

Se kompletta minnesanteckningar från mötet i bilaga A.

5.3.5 Slutsatser efter utvärderingen

Efter utvärderingsarbetet stod klart att koncept 11 var det bästa lösningsalternativet. På vägen fram till denna slutsats har ytterligare delfrågor besvarats.

Delfrågan ”Finns ett alternativ till dagens lådhantering där medarbetarna inte behöver välta lådorna på bordet?” Kunde besvaras med ett nej. Koncept 9 innebar att en vändare skulle placeras utanför bordet och rullarna ledas via en ränna till buffertfickan. Denna lösning ströks då det tillgängliga utrymmet inte tillåter dylik lösning. Dessutom ansågs denna lösning onödigt krånglig, det finns helt enkelt ingen anledning till att inte välta lådorna på bordet.

”Finns en lösning på dagens problem som inte kräver el, pneumatik eller hydraulik?” kunde besvaras med ett ja. Alla koncept, inklusive det som valdes som bästa lösningsalternativ, drivs med muskelkraft. Det stod klart att ett manuellt hjälpmedel var fullt möjligt, men att noggrant konstruktionsarbete skulle krävas för att få det lättanvänt och smidigt.

”Går det att bygga in tippningsfunktionen i lyftverktyget/verktygen?” besvarades med ett nej. Även om det bevisligen är möjligt att tillverka ett lyftverktyg med tippfunktion (se kapitel 4.4) så ansågs det inte lämpligt i det här fallet. Koncept 6 och 7, som involverade någon form av specialanpassat lyftverktyg, förkastades under utvärderingen.

”Kan ett hjälpmedel konstrueras på bordet som underlättar tippningen?” besvarades med ett ja. Enligt konceptet som valdes så skulle detta vara fullt möjligt.

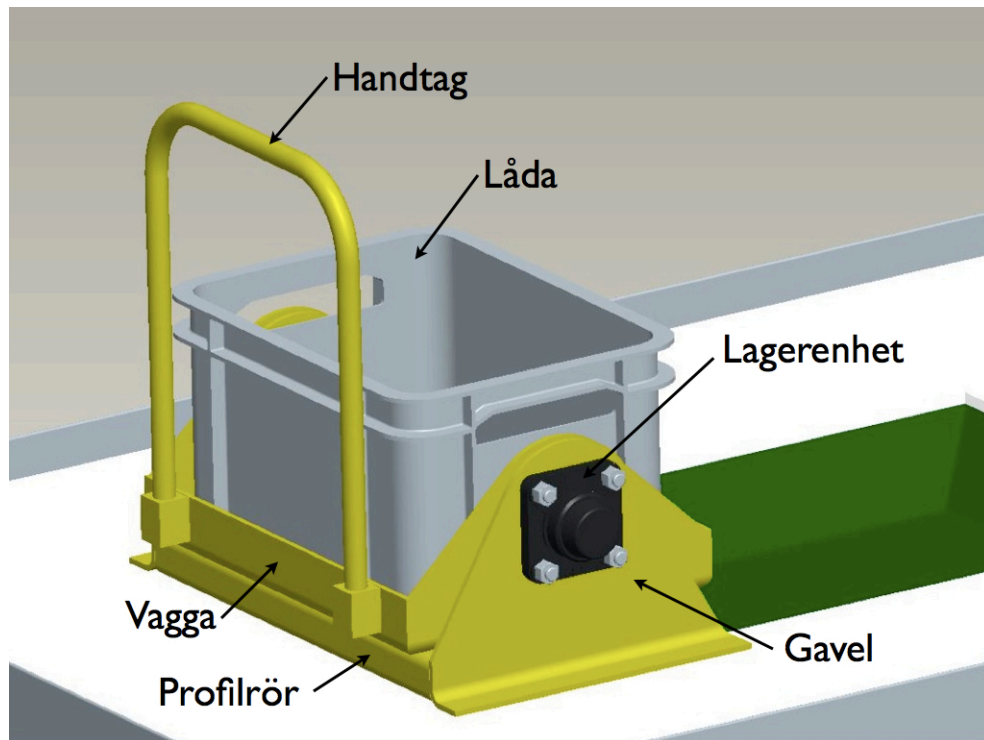
Delfrågan som kvarstod ”Finns det en lösning som passar båda lådtyperna?” och Huvudfrågeställningen ”Hur kan ett hjälpmedel som eliminerar den manuella vältningen av lådorna på monteringsbordet utformas?” togs med in i nästa steg, där koncept 11 förfinades ytterligare.

5.4 Detaljkonstruktion, produktutformning och tillverkningsanpassning

Ingångsläget i detta steg var konceptmodellen som beskrevs i kapitel 5.2.11 och visas i figur 5.12 på nästa sida. Nu skulle de sista två frågeställningarna besvaras genom att konceptet vidareutvecklades till en färdig och fungerande konstruktion. När detaljkonstruktionen var klar togs ritningar fram för att möjliggöra tillverkning av vändaren.

Som tidigare framhållits, handlar det om en stycketillverkad konstruktion som kommer att monteras fast i ett bord och användas inom tillverkningsindustrin. Detta medförde att krav på låg vikt, estetik, möjlighet till massproduktion etc. inte behövde beaktas. Vanligt konstruktionsstål ansågs vara ett lämpligt material till de flesta komponenter. Det är billigt och lätt att bearbeta och sammanfoga. Materialpriset var således sådant att det inte rättfärdigade det extra arbete som skulle krävas för att optimera konstruktionen maximalt, det var med andra ord acceptabelt att överdimensionera. Fokus låg snarare på att få fram en bra konstruktion som kunde antas fungera tillfredsställande rent praktiskt. Detta betydde att arbetet med detaljkonstruktionen inte riktigt följde den teoretiska mallen beskriven i metodkapitlet. Mycket av konstruktionsarbetet genomfördes baserat på erfarenhet snarare än noggranna beräkningar. Material och komponenter valdes och dimensionerades efter vad

som ansågs rimligt. Vissa beräkningar genomfördes sedan för att säkerställa att konstruktionen höll måttet.



Figur 5.12 - Koncept 11 innan detaljkonstruktionsarbetet.

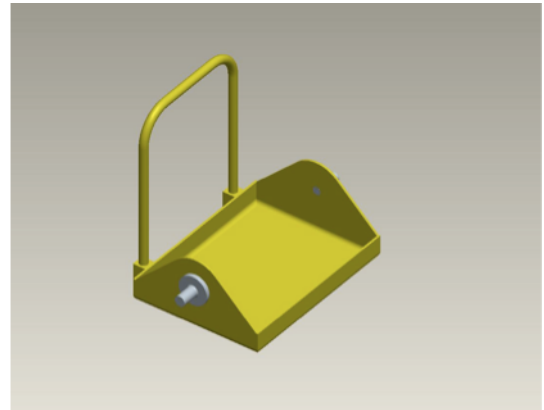
Ingångsmodellen i detaljkonstruktionsarbetet bestod av en vagga som satt ledad i två lagerenheter. Dessa lagerenheter satt i sin tur monterade i två gavlar av plåt som satt skruvade i monteringsbordet. I vaggan satt ett enkelt handtag tillverkat av rör stumt monterat. Se figur 5.12. Tanken med modellen var att lådan ställs i vaggan, som sedan tippas med hjälp av handtaget. Denna modell var endast konceptuell och flera detaljer återstod innan vändaren kunde ses som funktionsduglig:

- Vagga: Ändlägen, utformning och produktionsanpassning
- Gavlar och lagringar
- Exakt placering av ledaxeln (lagringarnas placering)
- Fasthållning/låsning av lådan
- Låsfunktion för vaggan i ilastningsläge
- Utformning av handtag och handtagsfästen
- Klämskydd
- Hållfasthets- och lagerberäkningar
- Ritningar

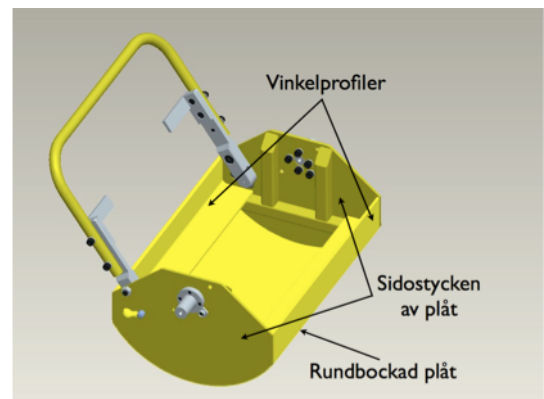
När dessa punkter var genomarbetade erhöles svar på kvarvarande frågeställningar och detaljritningar kunde tas fram.

5.4.1 Vagga

Vaggan i konceptmodellen var modellerad som ett stycke, se figur 5.13. En liknande utformning hade eventuellt varit möjlig att tillverka genom bockning och svetsning av plåt. För att förenkla tillverknigen och på så sätt hålla nere tillverkningskostnaden valdes att istället utforma vaggan av fyra huvudkomponenter som svetsades samman. Dessa komponenter var: två likadana sidostycken tillverkade av 5mm stålplåt och två 65x65x6mm vinkelprofiler, se figur 5.14. Idén som diskuterades på mötet med produktionschefen (kapitel 5.4.3) med en rundbockad plåt på undersidan av vaggan för att minska klämriskerna undersöktes och implementerades. Denna konstruerades av 1.5mm tjock stålplåt och svetsades fast i vaggan. Dess uppgift är att förhindra klämskador mellan vaggan och monteringsbordet. Plåten gör att glipan mellan vaggan och monteringsbordet är konstant och liten så att inga fingrar etc. kan komma emellan. En annan viktig åtgärd för att minska klämriskerna var utformningen av vaggans sidostycken. Dessa hölls så släta som möjligt för att förhindra klämning mellan utstickande delar och gavlarna. Detta betydde att alla mekanismer för att låsa fast lådan, låsa vaggan i ilastningsläge och begränsa vaggans rörelse var tvungna att utformas så att de satt inuti vaggan. Vaggan gjordes därför 50mm bredare än lådan, varvid ett utrymme om 25mm på varje sida lådan erhöles som skulle husera de nödvändiga mekanismerna. För att guida lådan rätt i vaggan svetsades två stycken VKR 25x25x3 profilrör vertikalt på varje sidostyckes insida, se figur 5.14. Deras överände kapades 45° och svetsades igen, detta för att underlätta ilastning av lådan. Det horisontella profilröret under de vertikala fungerar som en förstärkning och ger extra stöd åt vinkelprofilerna som lådan står på.

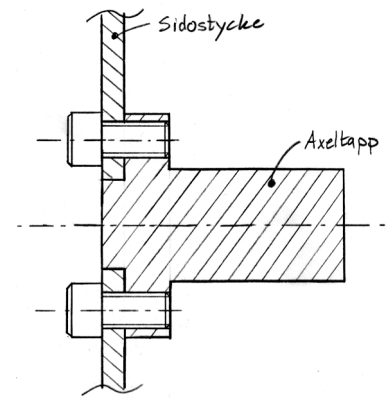


Figur 5.13 - Vaggan från konceptmodellen, vars stomme utgjordes av ett stycke.



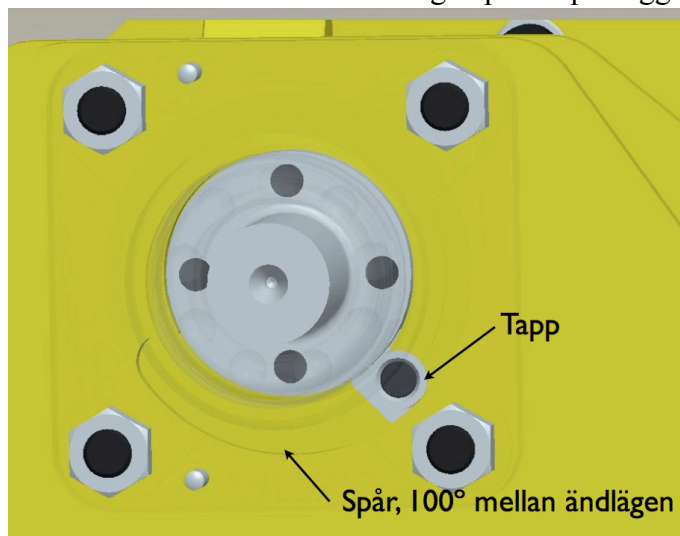
Figur 5.14 - Den färdiga vaggan. Stommen till vaggan uppbyggd av flera sammansvetsade delar.

För att fästa vaggan i lagerenheterna användes axeltappar som skruvades fast i sidostyckena. Skissen i figur 5.15 visar axeltappens infästning i sidostycket. En $\varnothing 20\text{mm}$ utskjutning passar i ett hål i vaggans sidostycke och centrerar på så sätt tappen. 4st M8-skrivar håller den slutligen på plats. Den del av tappen som passar i lagren gjordes $\varnothing 25\text{mm}$, vilket ansågs stadigt och en lämplig diameter för lagringen. För att underlätta tillverkningen gavs tappen ett dubbhål i vardera änden. (Visas ej i skissen) I kapitel 5.4.8.1 visas hållfasthetsberäkningarna för axeltapparna. Placeringen av dessa axeltappar bestämmer ledaxelns position och är mycket viktig för hjälpmedlets egenskaper. Mer om detta i kapitel 5.4.3 Som utgångspunkt placerades tapparna 100mm ovanför vinkelprofilernas undersida, alltså $100\text{mm} - 6\text{mm} = 94\text{mm}$ från ytan som lådorna ställs på.



Figur 5.15 - Tapparnas infästning.

Vid ilastning av lådan ska vaggans botten vara horisontell. När lådan tippas till max ska lutningen vara sådan att alla rullkroppar lämnar lådan. För att uppfylla dessa krav gavs vaggan 100° mellan sina ändlägen. För att begränsa vaggans rörelse krävdes någon form av mekaniska ändlägen. Som redan framhållits var det viktigt att alla mekanismer konstruerades så att de inte skapade någon klämrisk för användarna. Konceptmodellen i figur 5.12 hade endast ett av ändlägena, när vaggan var i ilastningsläge låg den an mot profilröret i bakkant. Denna lösning ansågs inte gångbar av flera skäl, dels för att den var svår att kombinera med den svängda plåten på vaggans undersida och dels för att den



Figur 5.16 - Tappen och spåret i gaveln bakom lagringen ger vaggan dess mekaniska ändlägen.

orsakade en klämrisk. För den slutgiltiga konstruktionen valdes istället en lösning som helt doldes mellan vaggan och gavlarna. En $\varnothing 12\text{mm}$ tapp skruvades fast i vaggans sidostycke. Denna tapp löper i ett spår i gaveln som medger 100° rörelse. Tappen och spåret placerades så att de döljs av lagerenheterna och därmed eliminerades klämrisk. Se figur 5.16 där lagerenheten gjorts transparent för att visa tappens och spårets position. I figuren syns även axeltappen.

5.4.2 Gavlar och lagringar

För att hålla vaggan användes två gavlar, en på var sida om vaggan. De skruvades fast i monteringsbordet med 2st M10 skruvar vardera och förbands med vaggan via två lagerenheter.

Gavlarnas konstruktion kunde behållas relativt enkel, en 5mm stålplåt som är tillskuren och bockad utgjorde grunden för gaveln. Plåtarna försågs med hålbilder och spår för låsanordningar, klämskydd, lagerenheter och så vidare. Mer om dessa detaljer följer nedan.

Konceptmodellens lagringar utgjordes av flänslagerenheter, så kallade Y-lagerenheter, se figur 5.12 på sida 38. Dessa enheter ansågs lämpliga av flera anledningar: (SKF, 2009)

- De kan uppta initiala snedställningar, lämpligt då vändaren ska monteras på ett monteringsbord med okänd planhet.
- De levereras smorda och tätade.
- Enkel låsning till axeltapparna med stoppskruv.
- Enkel montering utan specialverktyg.
- Inga egentliga lagersäten krävs, endast h7-tolerans på axeltappen. Detta medför lägre konstruktions- och tillverkningskostnader jämfört med att konstruera egna lagringar.

Axeltappens diameter sattes tidigare till $\varnothing 25\text{mm}$, vilket styrde valet av lagerenheter. Valet föll på den mycket vanligt förekommande enheten SKF FY25TF med tillhörande ändlock SKF ECY205. Beräkningarna i kap 5.4.8.1 och 5.4.8.2 visar att en mindre tapp och lagerenhet antagligen hade kunnat väljas. Den lagerenhet som är steget under FY25TF är FY20TF med $\varnothing 20\text{mm}$ innerdiameter. Priserna för dessa enheter från en större leverantör är enligt Andersson¹ 250 SEK respektive 211 SEK. Den ekonomiska fördelen av att byta till den mindre enheten hade alltså varit liten och en större lagerenhet och tapp ger större marginaler och ser mer ”förtroendeingivande” ut. Den större enheten lämnade också mer plats åt vaggans ändlägestapp och tillhörande spår. Av dessa anledningar behölls den valda enheten i den slutgiltiga konstruktionen.

Lagerenheterna fästes i gavlarna med 4st försänkta M10 skruvar vardera. Skruvhålen i lagerenheterna medgav visst utrymme för justering av deras position mot gaveln. Nödvändigt för att kunna få till rätt glipa mellan vaggans underdel och bordet samt för att möjliggöra finjustering av vaggans ändlägen. Vid montering finjusteras lagerenheternas position varefter lagerenheterna ”stiftas” till gavlarna. ”Stiftningen” eliminerar risken att lagerenheterna rör på sig med tiden. Med ”stiftas” menas att två 4mm hål borras genom lagerenheternas fästplatta och vidare genom gavlarna. I hålen monteras sedan cylindriska pinnar som positionerar lagerenheten exakt. Rekommenderade positioner för dessa hål finns markerade på lagerenheterna vid leverans. (SKF, 2009) I teorin betydde detta att de två pinnarna tillsammans med friktionen mellan lagerenheterna och gavlarna får ta upp alla belastningar i vertikalplanet. Alltså måste pinnarna klara av skjuvspänningarna som uppstår i dem på grund av lådans och vaggans kombinerade vikt. I kapitel 5.4.8.3 visas beräkningar som utfördes för att bestämma den genomsnittliga skjuvspänningen i pinnarna.

¹ Patrik Andersson säljare Tools Momentum, telefonsamtal den 16 april 2013

5.4.3 Placering av ledaxeln

Ledaxelns placering var en mycket viktig punkt i konstruktionsarbetet. Det var nödvändigt att den hamnade rätt för att hjälpmedlet skulle bli lätt och säkert att använda. Om lagringarna/ledaxeln skulle hamna fel riskerades att lådorna fortfarande skulle vara arbetsamma att tippa eller att tippningen skulle bli svår att kontrollera. Ledaxeln hade i konstruerandet av vaggan placerats 94mm ovanför lådornas undersida. Nedan följer de beräkningar som utfördes på det statiska momentet som teoretiskt skulle krävas för att tippa de olika lådorna. Sammanlagt utfördes fyra beräkningar, en för varje lådtype och en för full- respektive halvladdade lådor.

Som nämndes i kapitel 4.1, ligger tyngdpunkten hos en fullastad låda approximativt 10cm från lådans inre botten och maxlasten är 100kg. Lådans egen massa om 2-3kg är i sammanhanget försumbar. Vaggans massa och dess tyngdpunkts placering togs fram med hjälp av modellen i Pro/E.

Vaggans bidrag till vridmomentet kring ledaxeln beräknades enligt:

Från Pro/E :

(Origio i ledaxeln)

$$m_{\text{vagga}} = 17,5 \text{ kg}$$

$$x_{TP} = -17 \text{ mm}$$

$$y_{TP} = -56 \text{ mm}$$

Medurs vridmoment :

Vid 0° tipp (ilastningsläge)

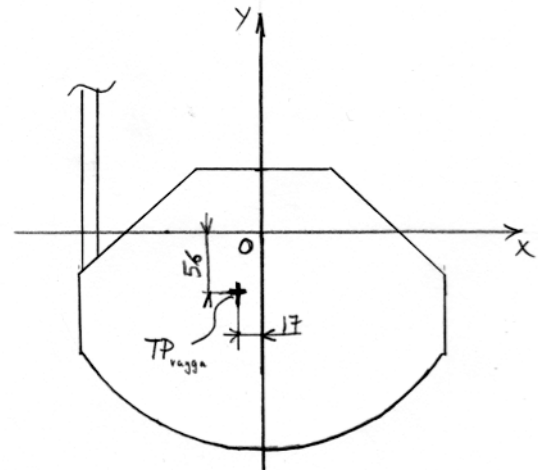
$$M_o = m \times g \times x_{TP} \quad (5.1)$$

$$M_o = 17,5 \times 9,81 \times (-17 \times 10^{-3}) \approx$$
$$\approx \underline{\underline{-2,9 \text{ Nm}}}$$

Vid 90° tipp

$$M_o = m \times g \times y_{TP} \quad (5.2)$$

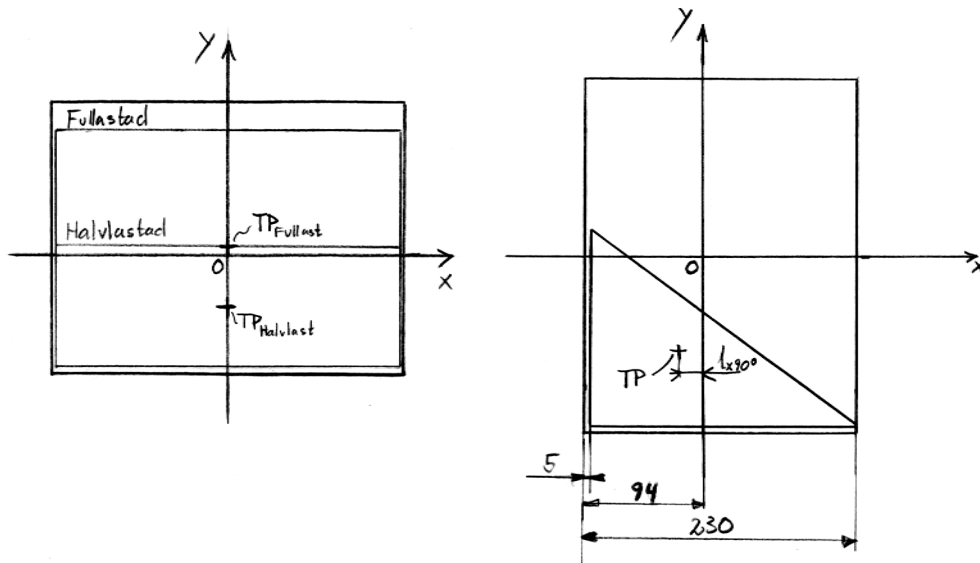
$$M_o = 17,5 \times 9,81 \times (-56 \times 10^{-3}) \approx$$
$$\approx \underline{\underline{-9,6 \text{ Nm}}}$$



Figur 5.17 - Tom vagga, tyngdpunkt och koordinatsystem med origo i ledaxeln/axeltappens centrum.

Om vaggan tippas utan låda kommer den alltså att återgå till sitt hemmaläge, dock med liten kraft.

Momentbidraget från lådtype 1 beräknades enligt:



Figur 5.18 - Lådtype 1, otippad (t.v.) och tippad (t.h.)

Antaganden :

- Lasten har initieellt rektangulärt tvärsnitt
- Vid 90° tipp har lasten triangulärt tvärsnitt
- Vid 90° tipp har hälften av innehållet tömts ut
- Lastens densitet kan ses som konstant

Medurs moment, lådtype 1, fullastad $m = 100\text{kg}$

Vid 0° tipp (ilastningsläge)

$$M_o = m \times g \times l_{x0^\circ} = 100 \times 9,81 \times 0 = \underline{\underline{0Nm}} \quad (5.3)$$

Vid 90° tipp

$$M_o = \frac{m}{2} \times g \times l_{x90^\circ} \quad (5.4)$$

$$M_o = \frac{100}{2} \times 9,81 \times \left(\left(\frac{230 - 5}{3} - (94 - 5) \right) \times 10^{-3} \right) \approx \underline{\underline{-6,9Nm}}$$

Medurs moment, lådtype 1, halvlastad $m = 50\text{kg}$

Vid 0° tipp (ilastningsläge)

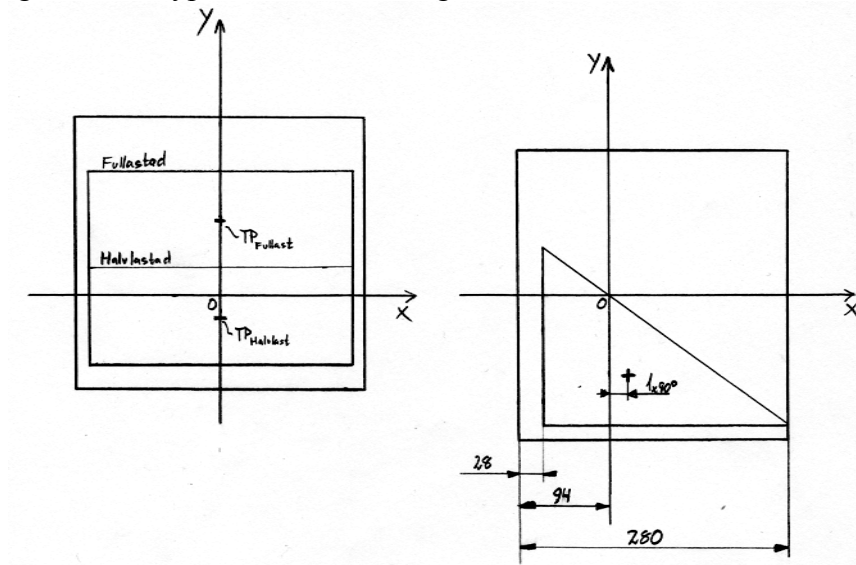
$$M_o = m \times g \times l_{x0^\circ} = 50 \times 9,81 \times 0 = \underline{\underline{0Nm}} \quad (5.5)$$

Vid 90° tipp

$$M_o = \frac{m}{2} \times g \times l_{x90^\circ} \quad (5.6)$$

$$M_o = \frac{50}{2} \times 9,81 \times \left(\left(\frac{230 - 5}{3} - (94 - 5) \right) \times 10^{-3} \right) \approx \underline{\underline{-3,4Nm}}$$

Momentbidraget från lådtype 2 beräknades enligt:



Figur 5.19 - Lådtype 2, otippad (t.v.) och tippad (t.h.)

Antaganden :

- Lasten har initieellt rektangulärt tvärsnitt
- Vid 90° tipp har lasten triangulärt tvärsnitt
- Vid 90° tipp har hälften av innehållet tömts ut
- Lastens densitet kan ses som konstant

Medurs moment, lådtype 2, fullastad $m = 100\text{kg}$

Vid 0° tipp (ilastningsläge)

$$M_o = m \times g \times l_{x0^\circ} = 100 \times 9,81 \times 0 = \underline{\underline{0Nm}} \quad (5.7)$$

Vid 90° tipp

$$M_o = \frac{m}{2} \times g \times l_{x90^\circ} \quad (5.8)$$

$$M_o = \frac{100}{2} \times 9,81 \times \left(\left(\frac{280 - 28}{3} - (94 - 28) \right) \times 10^{-3} \right) \approx \underline{\underline{8,8Nm}}$$

Medurs moment, lådtype 2, halvlastad $m = 50\text{kg}$

Vid 0° tipp (ilastningsläge)

$$M_o = m \times g \times l_{x0^\circ} = 50 \times 9,81 \times 0 = \underline{\underline{0Nm}} \quad (5.9)$$

Vid 90° tipp

$$M_o = \frac{m}{2} \times g \times l_{x90^\circ} \quad (5.10)$$

$$M_o = \frac{50}{2} \times 9,81 \times \left(\left(\frac{280 - 28}{3} - (94 - 28) \right) \times 10^{-3} \right) \approx \underline{\underline{4,4Nm}}$$

Det resulterande medurs momentet för de olika situationerna kunde nu fås fram genom addition:

$$M_{TOT} = M_{vagg} + M_{låda} \quad (5.11)$$

För samtliga situationer vid 0° tipp :

$$M_{TOT} = -2,9 + 0 = \underline{\underline{-2,9Nm}}$$

Vid 90° tipp lådtype 1 :

Fullastad låda :

$$M_{TOT} = -9,6 - 6,9 = \underline{\underline{-16,5Nm}}$$

Halvlastad låda :

$$M_{TOT} = -9,6 - 3,4 = \underline{\underline{-13Nm}}$$

Vid 90° tipp lådtype 2 :

Fullastad låda :

$$M_{TOT} = -9,6 + 8,8 = \underline{\underline{-0,8Nm}}$$

Halvlastad låda :

$$M_{TOT} = -9,6 + 4,4 = \underline{\underline{-5,2Nm}}$$

Resultatet av dessa beräkningar visar att vaggan alltid kommer att sträva mot sitt hemmaläge med ett visst moment. Detta ansågs vara en fördel, såvida momentet och därmed mothållskraften som operatören måste utöva på handtaget inte blev för stor. Nedan visas beräkningar för att bestämma den vinkelräta (vertikala) kraft som måste anbringas handtaget för att hålla vaggan i jämvikt. Endast ett fall var intressant här; det som resulterade i störst moment kring ledaxeln, fallet med en fullastad låda av typ 1.

$$|F_{MAX}| = \frac{|M_{MAX}|}{l} = \frac{16,5}{305 \times 10^{-3}} \approx \underline{\underline{54,1N}} \quad (5.12)$$

För att kunna sätta detta värde i relation till dagens situation beräknades även den statiska kraften för att tippa motsvarande låda utan vändaren, så som man gör idag:

Antagande :

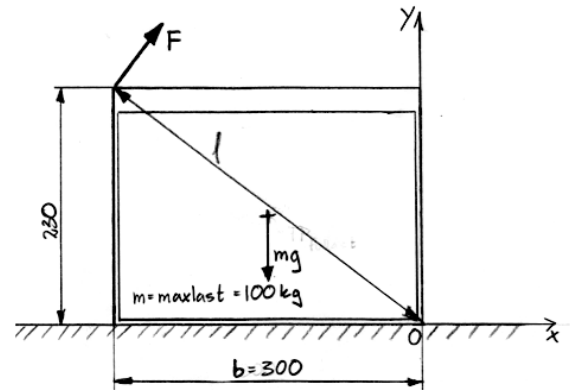
Kraften, F verkar i vinkelrät riktning mot hävarmen, l (lådans diagonal)

Momentjämvikt (medurs) ger :

$$F \times l - m \times g \times \frac{b}{2} = 0 \Leftrightarrow \quad (5.13)$$

$$\Leftrightarrow F = \frac{m \times g \times \frac{b}{2}}{l} =$$

$$= \frac{100 \times 9.81 \times \frac{300}{2}}{\sqrt{300^2 + 230^2}} \approx \underline{\underline{390N}}$$



Figur 5.20 - Kraft för att välta lådan på bordet.

Slutsatsen som drogs av dessa beräkningar var att den teoretiska kraftåtgången för att välta lådorna med vändaren är mycket liten jämfört med hur man gör idag. Det var även uppenbart att ledaxelns position i vändaren tvingades bli en kompromiss för att passa båda lådtypeper. Lådornas olika höjd resulterade i att momentet vid 90° tipp skiljde sig åt mellan lådtypeperna. Huruvida lådorna var halvfylla eller fulla hade mindre inverkan på momentet. Resultaten visar också att ledaxelns position hade hamnat rätt vid konceptgenereringen. Ledaxeln skulle ha kunnat flyttas något för att göra det lättare att tippa lådor av typ 1, men detta hade fått till följd att momentet bytt riktning för lådtype 2. Ett inkonsekvent beteende hos vändaren hade alltså blivit resultatet. Detta ansågs inte lämpligt ur säkerhetssynpunkt och ledaxeln behölls på samma position.

Det ska även framhållas att dessa beräkningar var en förenklad teoretisk modell av verkligheten och att momentet i praktiken kan komma att skilja sig från de framräknade siffrorna. Först när en prototyp testas kan kraftåtgången utvärderas mer exakt.

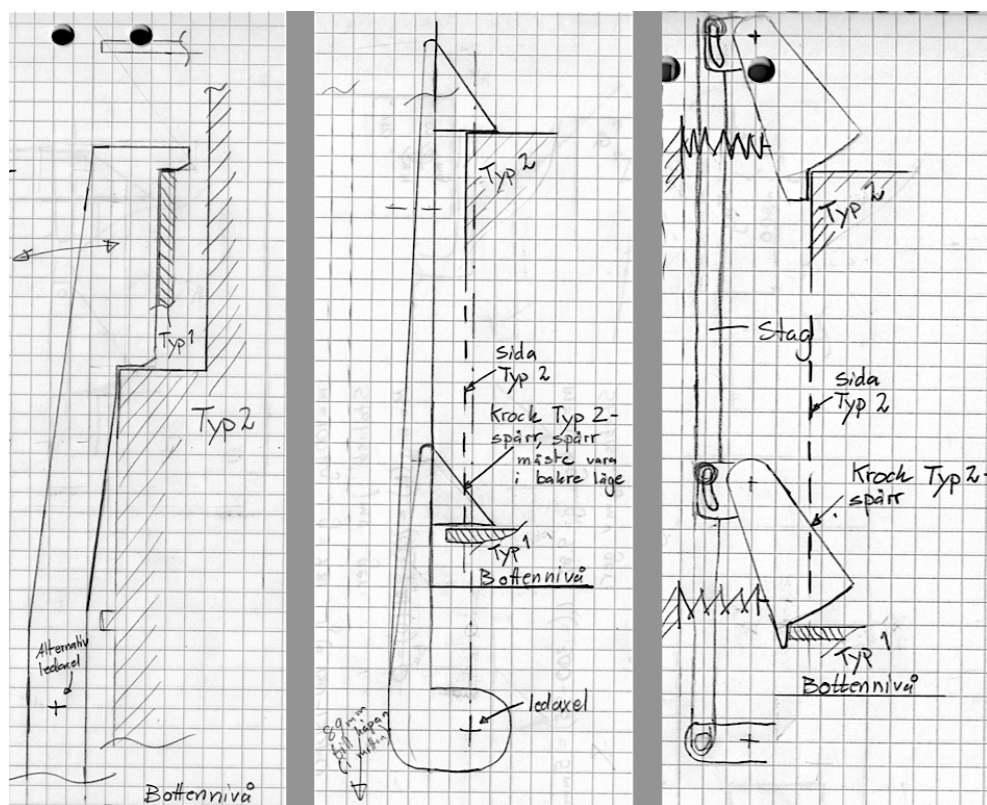
5.4.4 Fasthållning/låsning av lådan

Fasthållningen av lådan var utan tvekan en av de största utmaningarna i detaljkonstruktionsarbetet. I kriterielistan fanns kravet att båda lådtypeper ska fungera i vändaren, vilket ställde stora krav på låsanordningen. I konceptgenereringsfasen bestämdes att spärrar som verkade i lådornas handtag skulle användas. Hur dessa skulle se ut var dock inte bestämt.

I slutändan blev låsningen av lådorna ett avsteg från det som bestämdes i konceptgenereringsfasen. Det visade sig omöjligt att följa koncept 11 helt och hållet. Konstruktionen av låsmekanismen kom att följa en mindre formell version av processen beskriven i kapitel 3, då en helt ny typ av låsning utarbetades. Många olika koncept på låsmekanismen undersöktes och när ett lämpligt koncept valts fortsatte arbetet med detaljkonstruktion. Det skulle visa sig att kommande tre kapitel länkades tätt samman, då

spärrarna och vaggans låsning blev integrerade i handtaget. Nedan följer en beskrivning av vägen fram till den färdiga lösningen.

Problemet som uppenbarade sig när låsmekanismen skulle utvecklas enligt koncept 11, var lådornas kortsidors olika utformning. Framförallt handtagen såg mycket olika ut. De största problemen var att handtagen sitter på olika höjd och är olika stora och djupa. Sökandet efter en lämplig fästpunkt på lådorna utvidgades därför från bara handtagen till övriga geometrier på lådornas kortsidor. Lådtyp 1 har en lämplig kant ca 20mm från botten, som eventuellt hade kunnat användas för att hålla fast lådan.

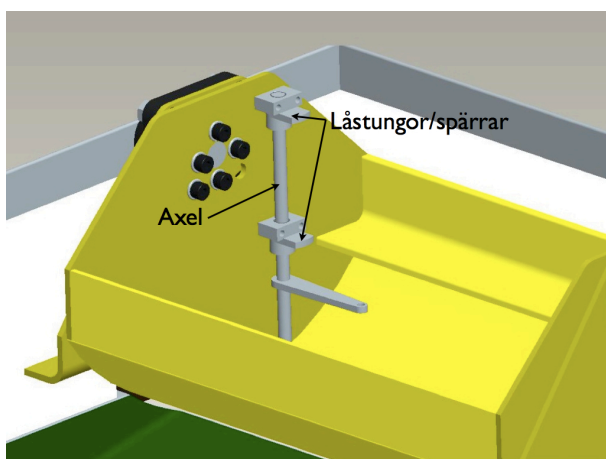


Figur 5.21 - Tre av de spärrkonstruktioner som övervägdes.

Flera olika alternativa låsanordningar utreddes. Först ut var en enkel variant med en ledad hake som gick in i lådornas handtag. Eftersom handtagens utformning skiljde sig mellan lådtyperna krävdes en spärr som passade båda typer. En variant som skissades kan ses till vänster i figur 5.21 ovan. Spärrs ledpunkt skulle antingen ligga under bottennivån eller högre upp längs vaggans sidostycke. Krysset märkt "alternativ ledaxel" visar det senare alternativet, det första finns ej med i skissen. I mitten i figur 5.21 ses en skiss på ett alternativt spärrsystem. Denna består av två uppsättningar spärrar, en som verkar på handtagen i lådtype 2 och en som verkar på ovan nämnda kant på lådtype 1. För att denna variant skulle kunna fungera krävdes att spärren för lådtype 1 kunde "frikopplas" och stanna i sitt bakre läge när lådtype 2 användes. Annars skulle spärren vara i vägen för lådor av typ 2. Ingen av dessa båda lösningar ansågs lämplig och därför gick inte utvecklingsarbetet längre än till de två skisserna ovan. Ett stort problem var utrymmet. Som nämndes i kap 5.4.1 gavs spärrarna 25mm utrymme på var kortsida sida om lådan. Det visade sig svårt att få till en fungerande spärr på det begränsade utrymmet. Ett annat problem var hur spärrarna skulle manövreras. Eftersom det hade krävts spärrar på båda sidor av lådan var dessa tvungna att kopplas samman så att de enkelt kunde manövreras vid i- och urlastning av lådor.

Manövreringen komplicerades i ena fallet ytterligare av att ena spärrparet var nödvändigt att frikopplas vid låsning av lådtype 2.

I skissen till höger i figur 5.21 på förra sidan visas en alternativ lösning som övervägdes. Spärrar som var ledade i överkant och fjäderbelastade. Två uppsättningar spärrar användes för att klara båda lådtyper. För att möjliggöra manövrering av båda spärrar samtidigt utnyttjades ett stag emellan dem. Kopplingarna mellan staget och spärrarna gjordes sådana att spärrarna kunde fjädra tillbaka utan att staget påverkades. Detta gjorde det möjligt för en spärr att vara intryckt samtidigt som den andra höll fast lådan, en nödvändighet vid låsning av lådtype 2 där den övre spärren måste vara ute medan den undre tvingas tillbaka av lådans sida. Efter visst övervägande valdes även detta system bort. Det ansågs inte helt säkert, då risken fanns att spärrarna inte går ut och låser lådan, t.ex. om lådan vore kantstött eller skulle hamna fel i vaggan. Ytterligare en anledning till att detta alternativ ströks var det komplicerade länkage som skulle krävas för att manövrera spärrarna.



Figur 5.22 - Spärrar monterade på vridbar, vertikal axel.

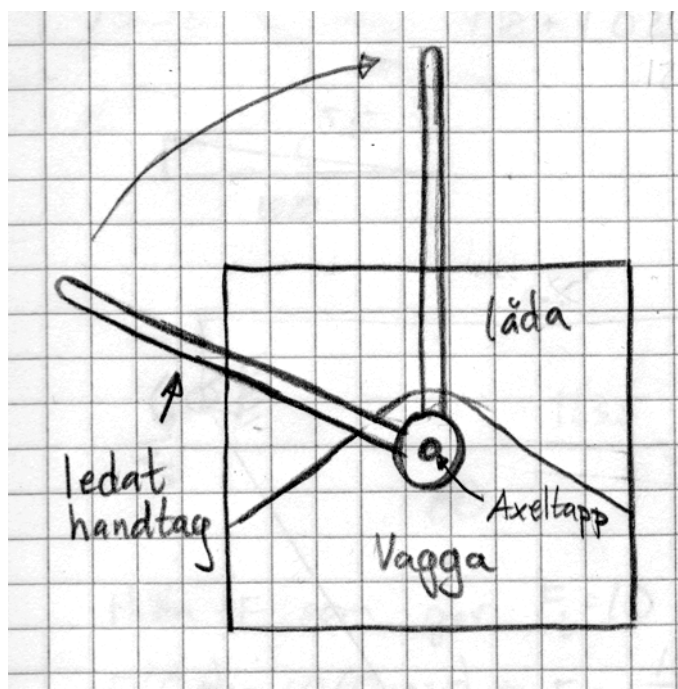
En något annorlunda variant av spärrar undersöktes också. En vertikal axel monterades i lagringar på insidan av vaggans gavel. På denna axel satt två låstungor monterade, en för varje lådtype. När axeln sedan roterades fördes låstungorna in i lådornas handtag eller kant. Flera variationer på detta koncept övervägdes men grundidén var densamma. I figur 5.22 visas en version. Axeln vrids 90° varpå låstungorna låser fast lådan. Den undre låstungan kan skjutas upp och ner på axeln, i det visade, övre läget låser den fast lådor av typ 1, om den flyttades neråt gick den fri för lådor av typ 2. Den övre låstungan, som låser lådor av typ 2,

behövde inte göras skjutbar, då lådor av typ 1 har en kortsida som tillåter denna låstunga att gå fri. Efter noggrant övervägande avfärdades även denna variant av spärr. Flera orsaker fanns där de viktigaste var brist på tillgängligt utrymme och problem med manövreringsanordningar.

Flera ytterligare varianter betraktades utöver de ovan beskrivna. Som exempel kan nämnas låstungor liknande de i dörrlås och en skjutbar stoppklack monterad vid vaggans lagring. Ingen bedömdes uppfylla kraven på tillförlitlighet, enkelhet och passa i det tillgängliga utrymmet.

En brainstormingsession tillsammans med Johansson² resulterade i en idé som tycktes ha potential. Om handtaget monterades ledat i vaggan kunde spärrar monteras på handtaget istället för i vaggan, se skiss i figur 5.23 nedan. Liksom i konceptmodellen i figur 5.12 bestod handtaget av en böjd båg av rör. Detta koncept tycktes ha många fördelar:

- Enkel och elegant lösning
- Behovet av manövreringsanordningar och reglage för spärrarna eliminerades
- Lättanvänt då särskilda reglage för spärrarna eliminerades
- Möjligheten att bygga samman handtag och lådspärrar med låsfunktionen för vaggans hemmaläge, på så sätt kunde alla vändarens funktioner kombineras till ett och samma handtag



Figur 5.23 - Idéskiss på ledat handtag.

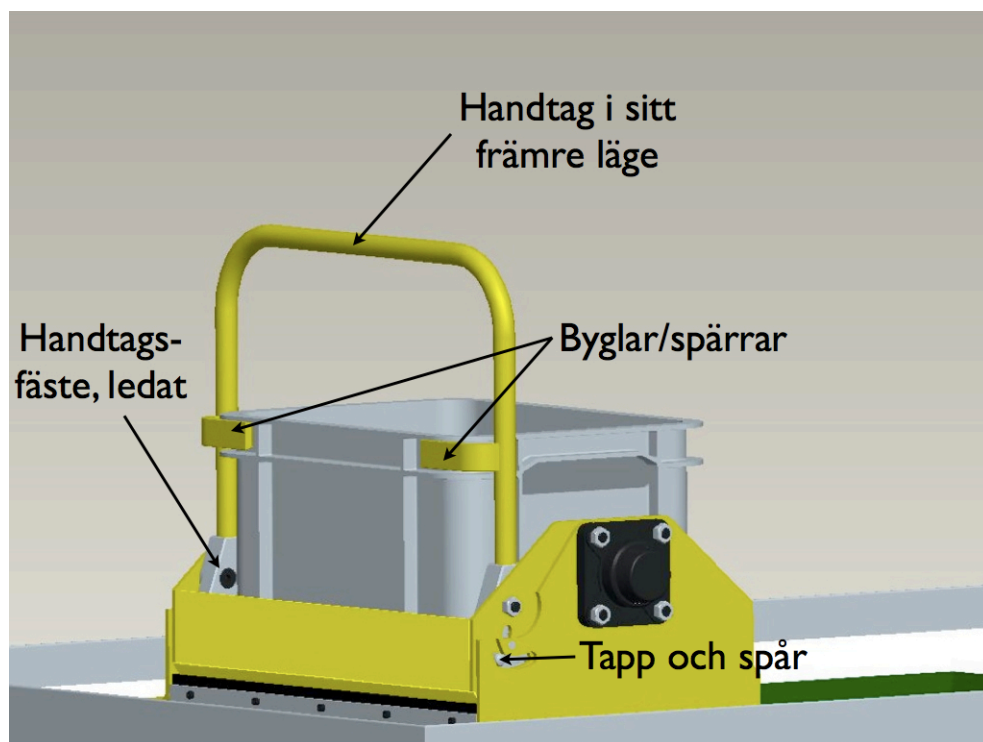
Flera utmaningar kvarstod:

- Hur skulle spärrarna se ut och var på lådan skulle de verka?
- Handtaget behövde låsas i främre läge under tippning för att tippningsmomentet skulle bli säkert och kontrollerat.
- Handtaget var tvunget att konstrueras så att lyftverktygen kunde gå fria vid ilastning av lådan.
- Hur skulle låsningen av vaggans hemmaläge lösas?

² Christer Johansson, mek. konstruktör SKF och tillika handledare för detta examensarbete, möte den 14 november 2012.

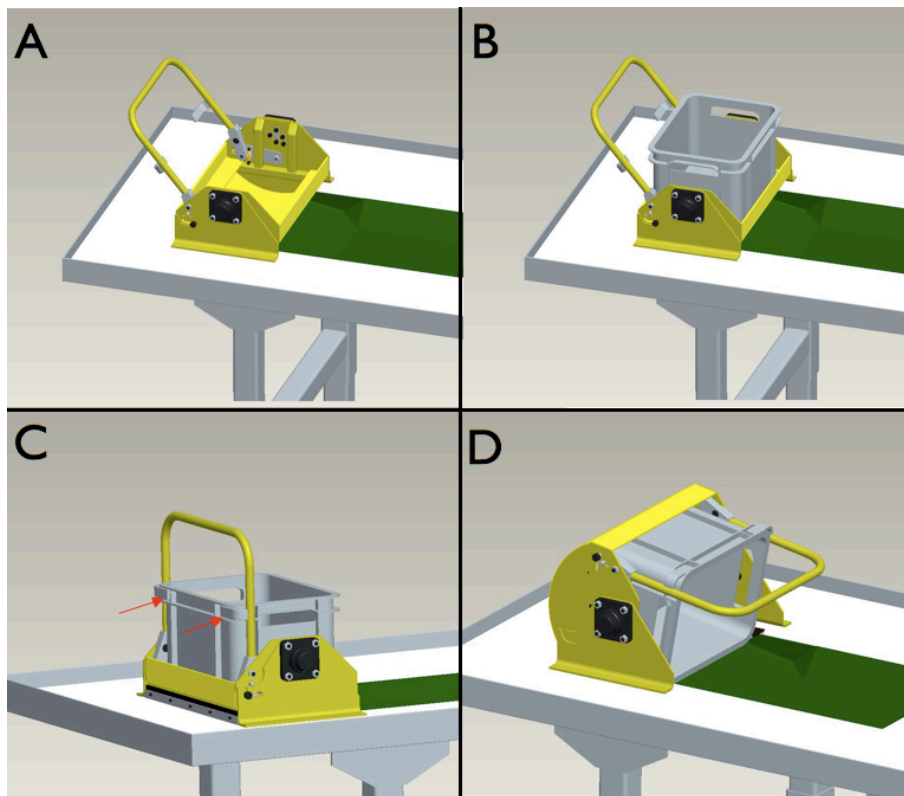
Lådorna studerades återigen för att hitta en lämplig geometri att låsa fast dem i. Med detta nya koncept behövde inte sökningen avgränsas till lådornas kortsidor. Långsidorna och lådornas övre kanter kunde också användas. På lådornas långsidor hittades en geometri som delas av båda lådtypeper. Två förstärkningsflänsar som löper horisontellt runt hela lådan på lådtypep 1 bildar ett spår. På precis samma höjd löper ett horisontellt spår längs långsidan på lådtypep 2. Se figur 5.24 nedan.

För att kunna utnyttja dessa spår och samtidigt lämna utrymme för användandet av lyftverktügen flyttades handtaget från mitten av vaggan till vaggans bakkant, nära den placering det hade i konceptmodellen i figur 5.12. På handtaget monterades sedan två byglar som gick in i lådans spår när handtaget fälldes till sitt främre läge, se figur 5.24 nedan. För att handtaget skulle vara möjligt att fälla krävdes en lagring i vardera handtagsfästet. Dessa lagringar byggdes upp av passkruvar monterade i vaggans sidostycken och bussningar monterade i fästena. Mer om detta i kapitel 5.4.6.



Figur 5.24 - Konceptmodell med ledat handtag.

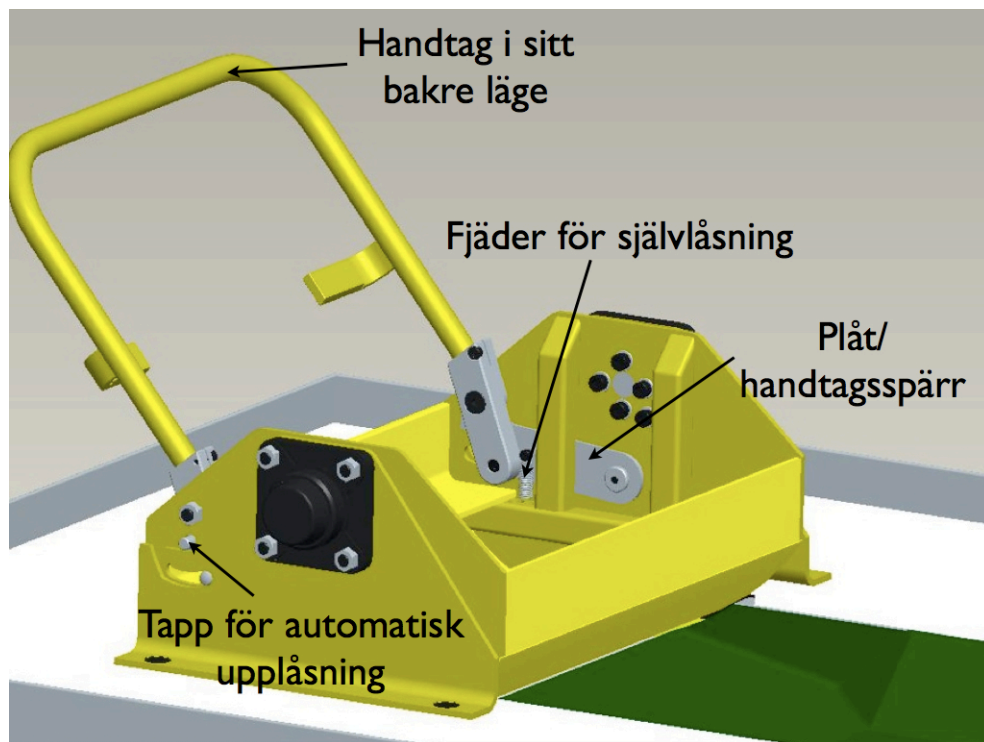
För att begränsa handtagets rörelse användes ett liknande system som användes för att ge vaggan dess ändlägen. En tapp som löper i ett spår i vaggans gavel monterades i båda handtagsfästen. Spåret gjordes sådant att det medgav 35° vinkling av handtaget. I ilastningsläge var handtaget vinklat 35° bakåt från vertikalläge. När lådan sedan lastats i vinklades handtaget framåt till vertikalläge. I detta läge är spärrarna inne i lådans spår och handtaget har nått sitt ändläge, vilket tillåter vaggan att tippas genom fortsatt drag i handtaget. I bildserien i figur 5.25 på nästa sida visas hela förfarandet från ilastning av lådan till tippning.



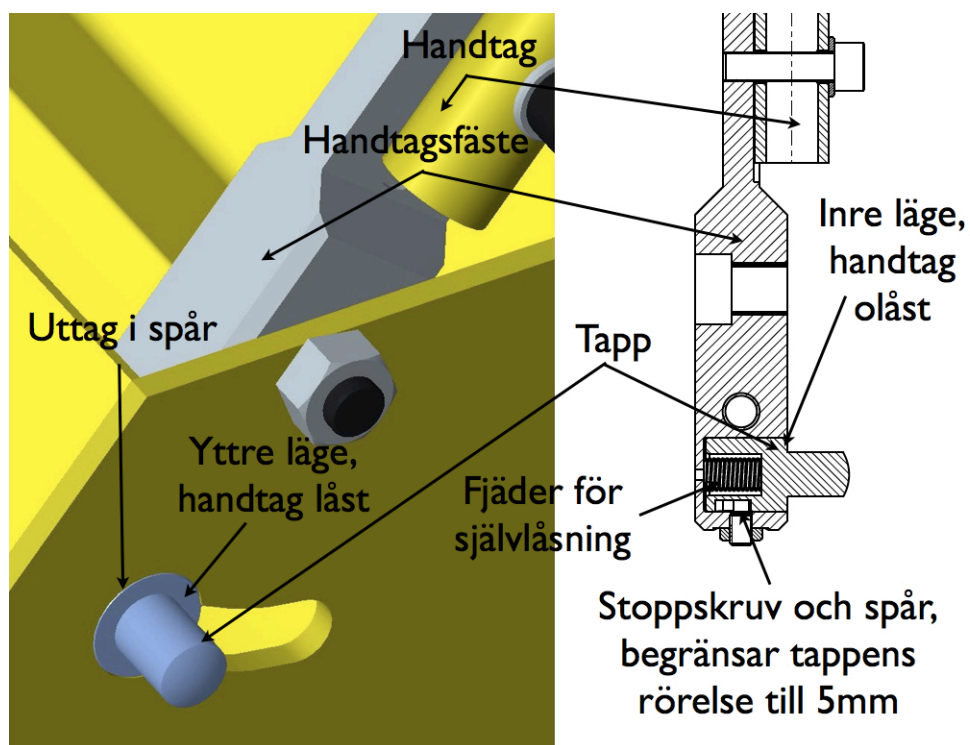
Figur 5.25 - Tippningsförfarandet med den nya handtagskonstruktionen: A – vändaren tom och redo för ilastning, B - lådan ställs i med befintliga lyftverktyg, C - handtaget fälls fram vilket låser fast lådan, D – lådan tippas.

Under tippningsmomentet behövs en låsning av handtaget så att tippningen kan kontrolleras ordentligt. En första variant av denna låsning bestod av ledade plåtar som satt mellan handtagsfästena och sidostyckena. Se figur 5.26 på nästa sida. Under tippning drogs plåtarna till sitt nedre läge av varsin dragfjäder, plåtarna blockerade då spåren som handtagets ändlägestappar löper i och på så sätt låstes handtaget i position. Flera olika varianter övervägdes, vissa som påverkades manuellt via ett särskilt reglage och vissa som släppte automatiskt när vaggan var i hemmaläge. I figur 5.26 visas en variant som släppte automatiskt. När vaggan närmade sig sitt hemmaläge gick tappar fästa i spärrarna emot en yta på gaveln. När vaggan rörde sig vidare mot sitt hemmaläge trycktes spärrarna upp tills spåren för handtagets tappar var helt öppna. Handtaget kunde därmed fällas bakåt.

Efter visst övervägande valdes den ovan beskrivna lösningen bort till förmån för ett enklare sätt att uppnå samma funktion. Istället för att blockera spåren med plåtar, modifierades spåren och tapparna gjordes fjädrande. Tapparna har en tjockare del som fjädrar ut i motsvarande uttag i spåren när handtaget är uppfällt, på så sätt låses handtaget. Se figur 5.27 på nästa sida. I samband med att låsfunktionen för vaggan utarbetades konstruerades lock som monterades på gavlnas utsida. Dessa lock skjuter tillbaka tapparna när vaggan kommer till sitt hemmaläge, på så sätt låses handtaget upp automatiskt. Mer om detta i kapitel 5.4.5.



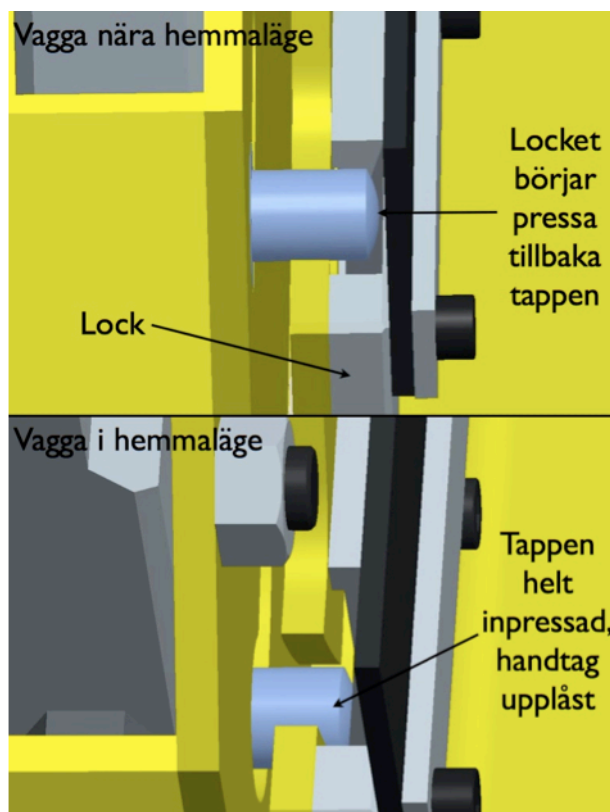
Figur 5.26 - Modell med handtagsspärrar i form av en plåt.



Figur 5.27 – Handtagsspärrens slutgiltiga utformning. Den tjockare delen av tappens blockerar handtagets rörelse i när tappen är i utfjädrat läge.

5.4.5 Låsfunktion för vaggan i ilastningsläge

Som nämdes i kapitel 5.4.4 sågs en möjlighet att bygga samman vaggans låsning med spärrarna för lådorna och det ledade handtaget. På så sätt kunde vändaren konstrueras så att den manövrerades enbart med hjälp av handtaget, som visades i figur 5.25, utan att det behövdes några extra reglage för spärrar, låsningar etc. Detta sågs som en stor fördel, då det skulle göra vändaren enkel och smidig att använda.



Figur 5.28 - Locket pressar tillbaka tapparna och låser upp handtaget.

spåren i gavlarna och vaggan kan då tippas. När vaggan tippas släpper locken tapparna varvid handtaget låses fast under tippningsmomentet. För att motverka nötning valdes att härda tapparna och locket.

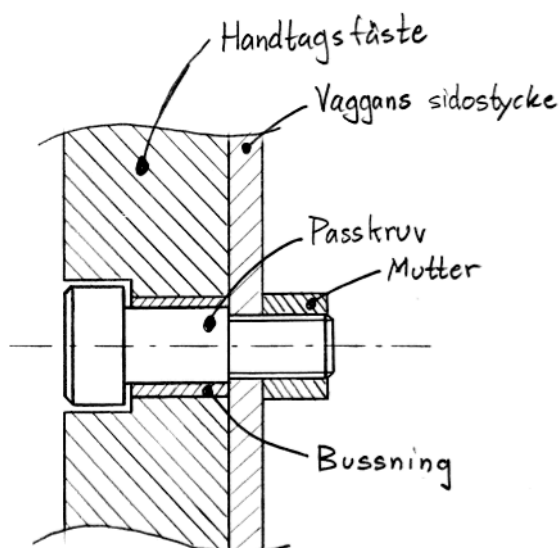
När handtagets konceptuella utformning nu var klart återstod att ta fram en mer detaljerad konstruktion.

Lösningen var att förlänga de fjädrande tapparna som används för att begränsa och låsa handtagets rörelse. När tapparna förlängts kunde de löpa i spår som gjordes i gavlarna. Dessa spår kan ses rakt nedanför spärrens upplåsningstapp i figur 5.26 på föregående sida. Spåren formades så att de tillät vaggan att lämna sitt hemmaläge endast om handtaget var i sitt främre läge. Lock monterades över spåren på gavlarnas utsidor. Dessa lock fyller två funktioner: De minskar klämrisker då de skärmar av spåren och tapparna, och de pressar in tapparna när vaggan är i sitt hemmaläge. Som förklarats i kapitel 5.4.4 fungerar låsningen av handtaget genom att tapparna fjädrar ut och den tjockare delen av tapparna går in i ett uttag i spåren i vaggans sidostycken. Genom att pressa tillbaka tapparna låses handtaget upp och det kan då fällas bakåt. De två bilderna i figur 5.28 till vänster visar hur locken pressar tillbaka tapparna när vaggan närmar sig sitt hemmaläge. När handtaget åter fällts fram tillåts tapparna att lämna

5.4.6 Utformning av handtag och handtagsfästen

I konceptfasen var handtaget utformat som en båge, tillverkad av bockat stål rör. Denna grundläggande design behölls medan fästena för handtaget utvecklades vidare för att integrera de ovan beskrivna låsfunktionerna (för lådorna, vaggan och handtaget).

Den största skillnaden mellan de konceptuella (figur 5.26) och de färdiga handtagsfästena är att de gjordes längre. På så sätt kunde lådornas spärrar monteras i fästet istället för i handtaget. Denna förändring gjordes för att eliminera risken att handtaget skulle dras ur sina fästen vid tippning, då lådan "hänger" i spärrarna. En annan förändring som gjordes för att förenkla tillverkningen av fästena var att göra dem raka. I den färdiga designen ligger handtagets centrumlinje, fästets lagring och tappen i en rät linje sett från sidan. Även handtagets infästning i fästet gjordes om från ett klämförband till ett skruvförband. Anledningarna var återigen att förenkla tillverkningen och att förbättra konstruktionens stabilitet.

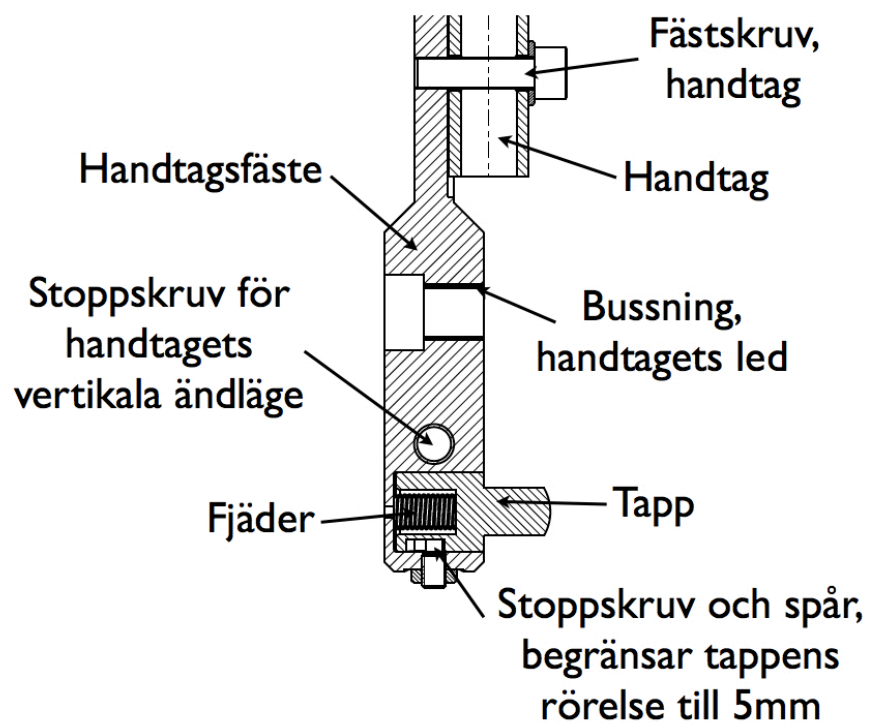


Figur 5.29 - Handtagets lagring, bestående av en passskruv och en bussning.

(Eugen Wiberger AB, 2012)

De slutgiltiga lagringarna i handtagsfästena har samma utformning som de hade i de konceptuella handtagsfästena. Lagringarna består av en passskruv per sida som hålls fast i vaggans sidostycken av muttrar. Handtagsfästena kan vridas kring skruvarnas slipade del, en bussning mellan skruven och fästet gör leden mer hållbar. Se skiss i figur 5.29. Denna enkla utformning, bestående av två standardkomponenter, är kostnadseffektiv och förenklar framtida reservdelshantering. Konstruktionen var möjlig tack vare att bussningens och passskruvens toleranser är kompatibla. Tillverkaren av bussningen kräver h8 tolerans på axeln. (SKF, 2010) Mått och tolerans på passskruven regleras av ISO 7379 och toleransen på skruvens slipade del är satt till h8 som standard.

I fästernas nedre del krävdes vissa förändringar för att få systemet med de fjädrande tapparna att fungera. Tapparna monterades, med tryckfjädrar bakom, i bottenhål i fästena. Lämplig tolerans valdes på hålen och tapparna för att erhålla glidpassning. Hålen gavs tolerans H7 och tapparna g6 per SKF standarddokument. För att begränsa tapparnas rörelse gavs de spår i axialled i vilka stoppskruvar passar. Ytterligare en stoppskruv per fäste monterades strax ovanför och vinkelrätt tappens. Dessa skruvar går emot insidan av vinkelprofilen i vaggan när handtaget är i sitt vertikala läge. De har till uppgift att stoppa handtaget i sitt vertikala läge så att tapparna ges möjlighet att fjädra ut och in i sina uttag utan "byrålådeffekt". I figur 5.30 på nästa sida visas en del av ritningen på det högra handtagsfästet, figuren visar hur tappens, fjädern och stoppskruvarna monterats samman i fästet. Andra sidans handtagsfäste är motsvarande men spegelvänt, de enskilda komponenterna är dock identiska.

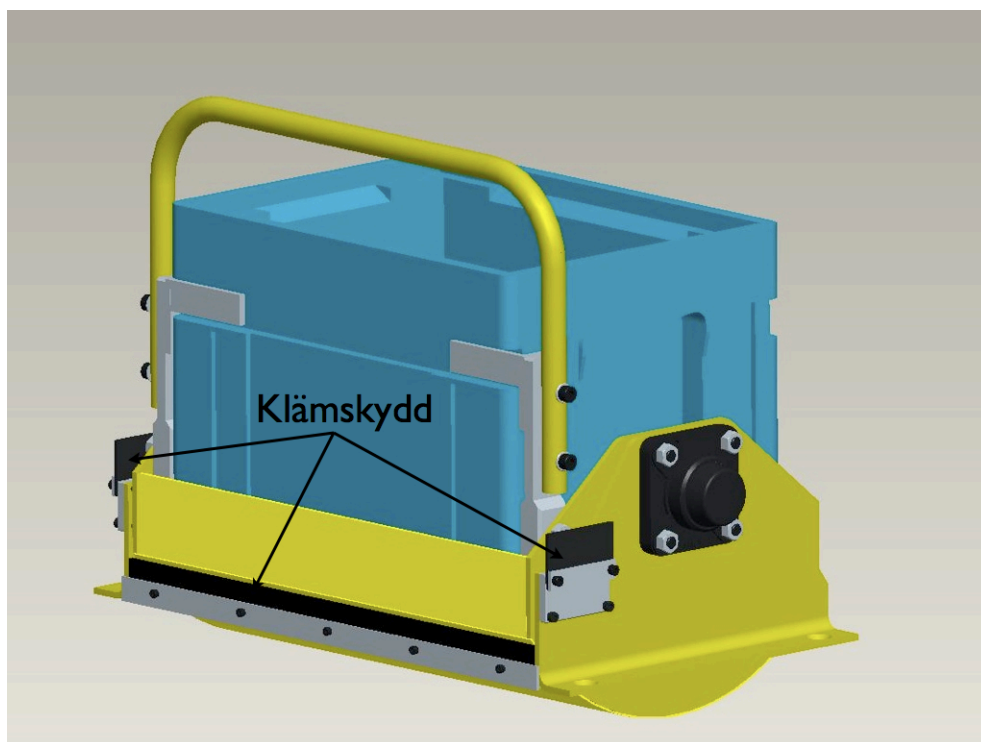


Figur 5.30 - Snittvy av det färdiga handtagsfästet.

5.4.7 Klämskydd

För att minimera klämriskerna för användarna krävdes vissa åtgärder. En redan implementerad skyddsanordning var den svängda plåten på undersidan av vaggan, se kapitel 5.4.1. Denna gjorde att mellanrummet mellan vaggan och monteringsbordet, som vändaren ska monteras fast på, hålls konstant. I kombination med denna plåt användes ett klämskydd bestående av gummiduk. Denna gummiduk monterades så att den fungerade som en "borste" mot den svängda plåten. Tanken var att om någon får ett finger emellan ska skador undvikas genom att gummiduken ger vika.

Ett liknande system användes för att motverka klämskador mellan handtagets spärrtappar och gavlarna. Gummidukar monterades utanpå locken på gavlarna så att de stack upp några centimeter. Tanken var att dessa klämskydd ska fylla två funktioner. Dels ska det motverka att någon håller handen där och dels ska gummiduken ge vika och reducera skaderisken om någon skulle få en hand eller ett finger emellan. I figur 5.31 visas vändaren med klämskydden monterade.



Figur 5.31 - Vaggans tre klämskydd.

Den viktigaste skyddsanordningen på vändaren är att den gjorts manuell. Om någon form av automatik använts, skulle kraven på skyddsanordningarna höjts betydligt. Det är inte orimligt att anta att en automatisk vändare hade behövt byggas in helt och hållet för att uppfylla gällande säkerhetsföreskrifter. Detta var en av anledningarna till att ett manuellt hjälpmedel efterfrågades från början, se kapitel 1.

5.4.8 Hållfasthets- och lagerberäkningar

Som tidigare diskuterats (exempelvis i inledningen till kapitel 5.4) utfördes inte några beräkningar i avseende att optimera och banta ner konstruktionen. Följande beräkningar utfördes för att kontrollera att inga farligt höga spänningsnivåer uppkommer och att

livslängden hos lagerenheterna blir acceptabel. För att ge extra säkerhet lånades en del av metoderna som används vid beräkning av spänning i lyftverktyg. Zaia³ beskrev hur maxlasten skulle multipliceras med två koefficienter. K_d , kallas dynamiskt tillskott och γ_{mf} koefficient för maxlast.

Beräkningsobjekten valdes efter antaganden om var störst materialpåkänningar kunde förväntas. Begränsade hållfasthetsberäkningar utfördes på följande komponenter:

- Vaggans axeltappar
- Lagerenheterna, statisk säkerhetsfaktor och dynamisk livslängd
- De cylindriska pinnarna i lagerenheternas stiftning
- Vaggans vinkelprofiler
- Spärrarna till lådorna och deras fästskruvar
- Handtagsinfästningarna inklusive tapparna

Följande underkapitel redovisar genomförda beräkningar.

³ Mofid Zaia, konstruktör av lyftdon och lyftverktyg SKF och tillika handledare för detta examensarbete, möte den 11 december 2012.

5.4.8.1 Beräkning av böj- och skjuvspänning i vaggans axeltappar

Givet :

$m = \text{maxlast} + \text{vaggans massa}$

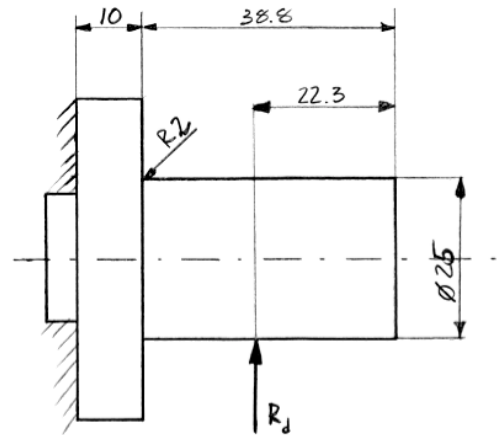
$$= 100 + 17,5 = 117,5 \text{ kg}$$

$K_d = \text{dynamiskt tillskott} = 1,1$

$\gamma_{mf} = \text{koefficient för maxlast} = 1,34$

Antaganden :

- Tappen kan ses som fast inspänd vid vaggan
- R veckar i samma plan som kulornas bana i lagret och är konstant R_d
- Kraften fördelas jämnt mellan de två tapparna
- Vaggans rörelse kan approximeras till 90° varför σ_{MIN} antas till 0 och
- $\sigma_{MAX} = K_t \times \frac{32 \times M_b}{\pi \times d^3}$ (Dahlberg, 2001)
- σ är mest kritisk vid tappens kälradie
- Skjuvspänningen, τ försumbar i den högra delen av tappen.



Figur 5.32 - Belastning och mått på axeltapp.

Beräkning av R_d och M_b

$$R_d = \frac{m \times K_d \times \gamma_{mf} \times g}{2} = \frac{117,5 \times 1,1 \times 1,34 \times 9,81}{2} \approx \underline{\underline{850 \text{ N}}} \quad (5.14)$$

$$M_b = R_d \times l = 850 \times ((38,8 - 22,3) \times 10^{-3}) \approx \underline{\underline{14 \text{ Nm}}} \quad (5.15)$$

Beräkning av σ_{MAX} i punkt i den högra kälradien

$$\sigma_{MAX} = K_t \times \frac{32 \times M_b}{\pi \times d^3} = 1,9 \times \frac{32 \times 14}{\pi \times (25 \times 10^{-3})^3} \approx \underline{\underline{17,3 \text{ MPa}}} \quad (5.16)$$

Eftersom materialet i tapparna är stål, kunde slutsatsen dras att böjspänningen i tappens högra kälradie inte kommer att nå kritiska nivåer. Axeltappen sitter skruvad i vaggans sidostycke och centreras i ett $\varnothing 20 \text{ mm}$ hål, se figur 5.15 på sidan 38. Skjuvspänningen i den del av tappen som passar in i hålet beräknades enligt nedan:

Antaganden :

- Friktionsfritt förband mellan vagga och tapp
- Skruvar tar ej upp någon skjuvkraft

$$T = R_d = 850N$$

$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{4 \times T}{\pi \times d^2} = \frac{4 \times 850}{\pi \times (20 \times 10^{-3})^2} \approx \underline{\underline{2,7MPa}} \quad (5.17)$$

Inte heller skjuvspänningen i tappen tycktes vara något problem.

5.4.8.2 Beräkning av lagerenheterens statiska säkerhetsfaktor och livslängd

Lagerhusen som används i de aktuella lagerenheterna klarar lika stora belastningar som kullagren som sitter monterade i dem (SKF, 2009). De vanliga SKF lagerberäkningsformlerna kunde därför användas. Uppgifter på faktorn a_{SKF} hämtades ur diagram i SKF:s huvudkatalog (SKF, 2008). Den aktuella applikationen tycktes vara ett gränsfall, där lagren antingen kunde ses som dynamiskt belastade eller statiskt belastade. Detta på grund av de låga varvtalen, oscillationsrörelsen som vaggan kommer att utsättas för och det faktum att vissa stötblastningar kan förekomma vid ilastning av lådan. För att vara på den säkra sidan utfördes båda typer av beräkningar.

Från tabell, SKF FY25TF :

$$C = 14kN$$

$$C_0 = 7,8kN$$

$$P_u = 0,335kN$$

$$d = \varnothing 25mm$$

$$D = \varnothing 52mm$$

$$v_{40^\circ C} = 190mm^2/s$$

$$v_{100^\circ C} = 15mm^2/s$$

Beräkning av den statiska säkerhetsfaktorn, s_0

$$F_r = R_d = 850N(\text{enl. ovanstående})$$

$$F_a = 0 \text{ (Teoretiskt ingen axialbelastning)}$$

$\Downarrow$

$$P_0 = F_r = 850N = 0,85kN$$

$$s_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{7,8}{,85} \approx \underline{\underline{9,2}} \quad (5.18)$$

Den statiska säkerhetsfaktorn är väl tilltagen. På nästa sida beräknas den förväntade livslängden för lagren enligt SKF:s modell.

Beräkning av SKF nominell livslängd

Antaganden :

- Det tar ca 2s att tippa vaggan hela vägen (100°)

$$\Rightarrow \omega = 50^\circ / s$$

$$\Rightarrow n = \frac{50^\circ}{1s} \times \frac{1\text{varv}}{360^\circ} \times \frac{60s}{1\text{min}} = \frac{25}{3} \approx 10\text{rpm} \quad (5.19)$$

- En tillförlitlighet på 95% anses acceptabel, ger en kombinerad tillförlitlighet av $0,95 \times 0,95 \approx 0,9 = 90\%$ (5.20)

- Mycket rena förhållanden råder

Beräkning av a_{SKF}

$$a_1 = 0,62 \text{ (Tabell 1, s53)}$$

$$v = v_{40^\circ C} = 190\text{mm}^2 / s$$

$$d_m = 0,5 \times (d + D) = 0,5 \times (25 + 52) = 38,5\text{mm} \quad (5.21)$$

$$v_1 > 1000\text{mm}^2 / s \text{ (Diagram 5, s.60)}$$

$$\kappa = \frac{v}{v_1} = \frac{190}{1000} \approx 0,2 \quad (5.22)$$

$$\eta_c = 0,8 \text{ (Tabell 4, s62)}$$

$$\eta_c \times \frac{P_u}{P} = 0,8 \times \frac{0,335}{0,85} \approx 0,32 \quad (5.23)$$

$$a_{SKF} = 0,18 \text{ (Diagram 1, s54)}$$

$$p = 3 \text{ (Kullager)}$$

$$P = P_0 = 0,85\text{kN}$$

$$L_{nm} = a_1 \times a_{SKF} \times \left(\frac{C}{P}\right)^p = 0,62 \times 0,18 \times \left(\frac{14}{0,85}\right)^3 \approx \underline{\underline{500\text{miljoner varv}}} \quad (5.24)$$

Med 100° mellan ändlägena $\Rightarrow$ svängningsamplituden, $\gamma = 50^\circ$

$$L_{nm \text{ cykler}} = L_{nm} \times \frac{180}{2 \times \gamma} = 500 \times \frac{180}{2 \times 50} = \underline{\underline{900\text{millioner cykler}}} \quad (5.25)$$

Det går 3 skift på ett dygn, enligt uppgift töms 10 lådor per skift $\Rightarrow$ 30 lådor töms per dygn, vilket ger livslängden räknat i antal (producerande) dygn :

$$L_{nm\text{år}} = \frac{900 \times 10^6 \text{cykler}}{30\text{cykler / dag}} \times \frac{1\text{år}}{345\text{arbetsdygn}} \approx \underline{\underline{90000\text{år}}} \quad (5.26)$$

Oavsett om lagren ses som statiskt eller dynamiskt belastade kommer de att klara de förväntade belastningarna utan problem. Det ska nämnas att viskositeten vid i livslängdsberäkningarna antogs vara den som råder vid 40°C . I praktiken kommer lagrena med största sannolikhet aldrig komma upp i dessa temperaturer, tyvärr saknades uppgift för viskositeten vid rumstemperatur. Det ansågs säkrare att göra denna konservativa ansats än att extrapolera fram en viskositet så långt utanför det angivna temperaturområdet. Den

erforderliga viskositeten sattes till $1000\text{mm}^2/\text{s}$ trots att diagrammet visade att den skulle vara något högre. Även här ansågs extrapolering osäkert. I slutändan konstaterades att de exakta siffrorna spelade mindre roll, de viktigaste slutsatserna från dessa beräkningar var att lagren skulle klara sig utan problem. Om sedan den verkliga livslängden kommer att bli 30 miljoner dygn eller en hundradel av det får inga praktiska följder. Som redan diskuterats i kapitel 5.4.2 hade det varit möjligt att använda en mindre lagerenhet, men av olika anledningar valdes att behålla den lite större enheten ändå.

5.4.8.3 Beräkning av skjuvspänning i de cylindriska pinnarna

Som beskrivits i kap 5.4.2, kommer lagerenheterna stiftas till gavlarna med $\varnothing 4\text{mm}$ cylindriska pinnar. Följande beräkningar utfördes för att bestämma den genomsnittliga skjuvspänningen i de cylindriska pinnarna.

Givet :

$$d = \varnothing 4\text{mm}$$

$$\text{Antal pinnar per lagerenhet, } n = 2$$

Antaganden :

- Friktionsfri kontakt mellan lagerenhet och gavel
- Fästskruvarna tar ej upp någon skjuvkraft

All skjuvkraft upptas

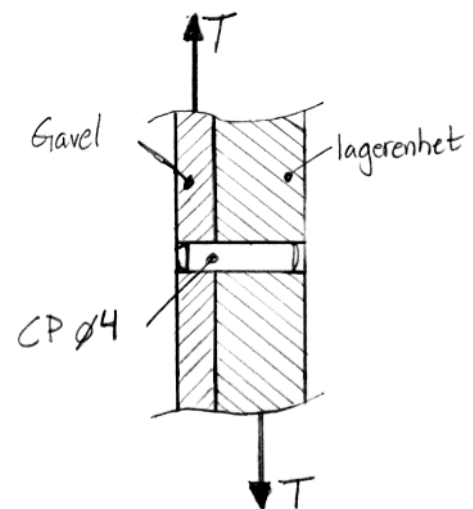
alltså av de två pinnarna

Beräkning av T och τ

$$T = \frac{R_d}{n} = \frac{850}{2} = \underline{\underline{425\text{N}}} \quad (5.27)$$

$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{4 \times T}{\pi \times d^2} = \frac{4 \times 425}{\pi \times (4 \times 10^{-3})^2} \approx \underline{\underline{33,8\text{MPa}}} \quad (5.28)$$

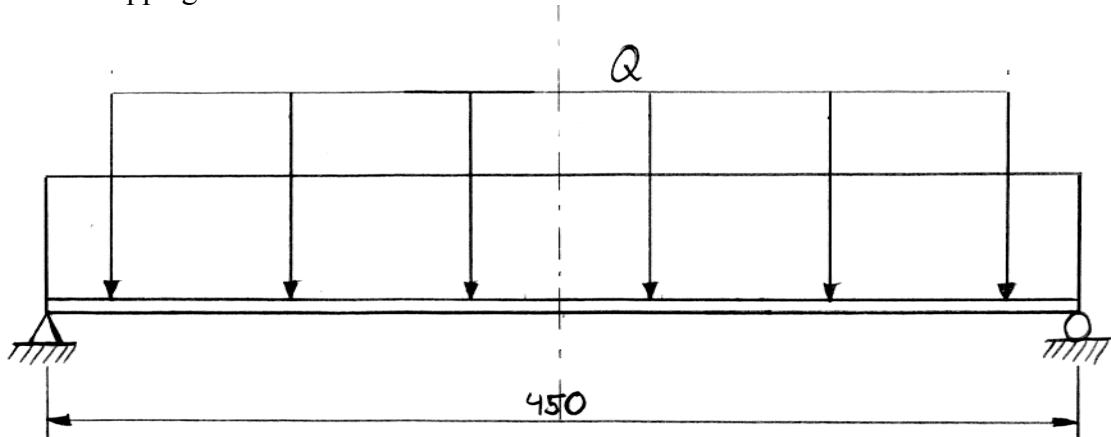
Uträkningarna visar att skjuvspänningarna i pinnarna inte kommer att nå kritiska nivåer. I praktiken förväntades ännu lägre skjuvspänningar i pinnarna då kontaktytan mellan lagerenheten och gaveln ej kommer att vara friktionsfri.



Figur 5.33 - Skjuvning i CP:n.

5.4.8.4 Beräkning av böjspänning i vinkelprofilerna

Nästa beräkningsobjekt var vinkelprofilerna som lådorna står på. Beräkningarna utfördes med avseende på den nedre vinkelprofilen när vaggan tippats 90°, då vilar teoretiskt hela lådans vikt på den profilen. Då lagerenheterna ej tar upp något böjmoment kan profilen ses som en fritt upplagd balk.



Figur 5.34 - Lådans tyngd kan ses som en linjelast på vinkelprofilen.

Givet :

- Profil : Liksidig L - profil $65 \times 65 \times 6$
- Längd enligt skiss ovan
- $K_d = \text{dynamiskt tillskott} = 1,1$
- $\gamma_{mf} = \text{koefficient för maxlast} = 1,34$

Antaganden :

- Vinkelprofilen kan ses som en fritt upplagd balk
(lagerenheterna tar ej upp något moment)
- Vid 90° tipp hamnar 100% av lådans vikt på den främre profilen
- Trots att lådan borde vara delvis tömd i detta läge används $m = \text{maxlast} = 100\text{kg}$
- Lasten kan ses som en rektangulär linjelast, centrerad kring centrum på profilen

$$\Rightarrow M_{MAX} = M\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{Q \times L}{8} \quad (5.29)$$

Beräkning av maximalt böjmoment

$$Q = m \times K_d \times \gamma_{mf} \times g = 100 \times 1,1 \times 1,34 \times 9,81 \approx 1446\text{N} \quad (5.30)$$

Enligt antagande, ekvation 5.29 :

$$M_{MAX} = \frac{1446 \times (450 \times 10^{-3})}{8} \approx 81,34\text{Nm}$$

Beräkning av profilens yttre tröghetsmoment

$$A = 6 \times 65 + 6 \times 59 = \quad (5.31)$$

$$= 390 + 354 = 744 \text{ mm}^2$$

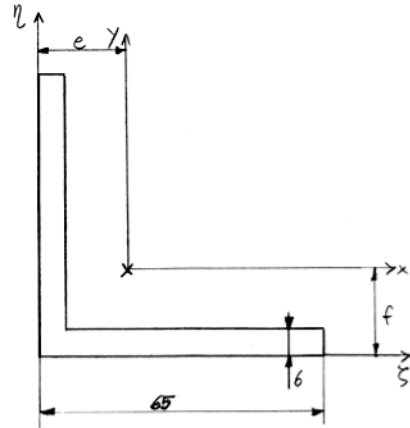
$$A \times e = \sum \xi_i \times A_i \quad (5.32)$$

$$\Rightarrow e = \frac{\sum \xi_i \times A_i}{A}$$

$$= \frac{3 \times 390 + \left(6 + \frac{59}{2}\right) \times 354}{744} \approx \underline{\underline{18,5 \text{ mm}}}$$

Symmetri ger $f = e \approx 18,5$

(Enligt Pro/E : $e = f \approx 18,2 \text{ mm}$, OK!)



Figur 5.35 - Förenklat tvärsnitt.

$$I_x = I_y = \sum \frac{B_i \times H_i^3}{12} + d_i^2 \times A_i \quad (5.33)$$

Med mått från skiss, figur 5.35 ovan

$$I_x = I_y = \left(\frac{65 \times 6^3}{12} + (18,5 - 3)^2 \times 390 \right) + \left(\frac{6 \times 59^3}{12} + \left(\frac{59}{2} + 6 - 18,5 \right)^2 \times 354 \right) =$$

$$= \underline{\underline{299863 \approx 3,0 \times 10^5 \text{ mm}^4}}$$

(Enligt Pro/E : $I_x = I_y \approx 2,99 \times 10^5 \text{ mm}^4$, OK!)

Beräkning av normalspänning, σ

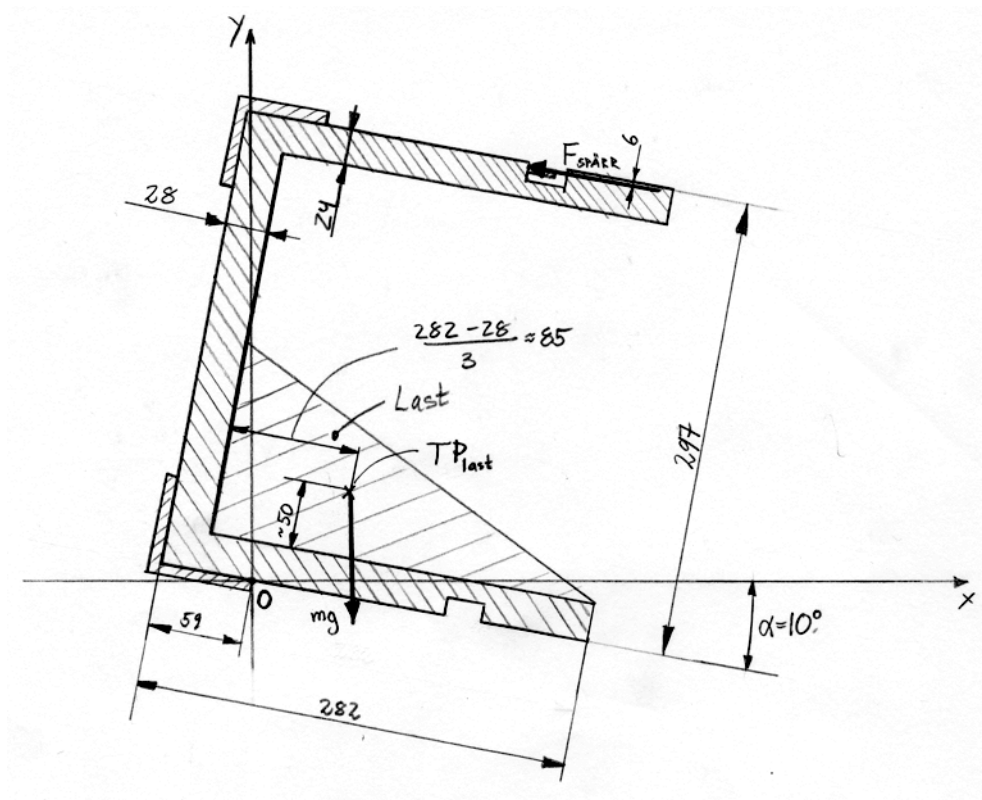
$$|\sigma_{MAX}| = \frac{|M_{MAX}|}{W_b} = \frac{|M_{MAX}|}{I / |z_{MAX}|} = \frac{|z_{MAX}| \times |M_{MAX}|}{I} = \quad (5.34)$$

$$= \frac{((65 - 18,5) \times 10^{-3}) \times 163}{(3,0 \times 10^5) \times 10^{-3 \times 4}} \approx \underline{\underline{25,3 \text{ MPa}}}$$

Slutsatsen kunde dras att spänningen i vinkelprofilen inte kommer i närheten av kritiska nivåer. Även utböjningen av vaggan förväntades bli mycket liten. Dels på grund av den låga spänningen men framförallt på grund av att hela vaggan fungerar som en böjstyv balk. En beräkning på utböjningen av vinkelprofilen visade en försvinnande liten vinkel. Denna beräkning presenteras ej här, den anses inte relevant eftersom den verkliga "balken" kommer att bestå av hela vaggan, alltså två vinkelprofiler och en svängd plåt.

5.4.8.5 Beräkning av spänningar i lådornas spärrar och deras fästskruvar

Nästa del som kontrollerades var spärrarna för lådorna. Först beräknades den statiska kraft som kunde förväntas på spärrarna vid full tipp.



Figur 5.36 - Antagen lastsituation vid max tipp.

Beräkning av statisk kraft på spärrar vid max tipp

Antaganden :

- Lådans innehåll bildar ett triangelformat tvärsnitt vid tippning enligt figur
- Lådtyp 2 används (högst låda $\Rightarrow$ TP längst ifrån vaggan $\Rightarrow$ störst moment)
- Trots max tipp används $m = \text{maxlast} = 100\text{kg}$
- Lådans vridningsaxel finns vid den främre vinkelprofilens överkant enligt figur
- Eventuellt vridmotstånd på lådan från vinkelprofilerna ignoreras
- Friktionen mellan vinkelprofilen och lådan antas tillräcklig för att motverka att lådan glider.

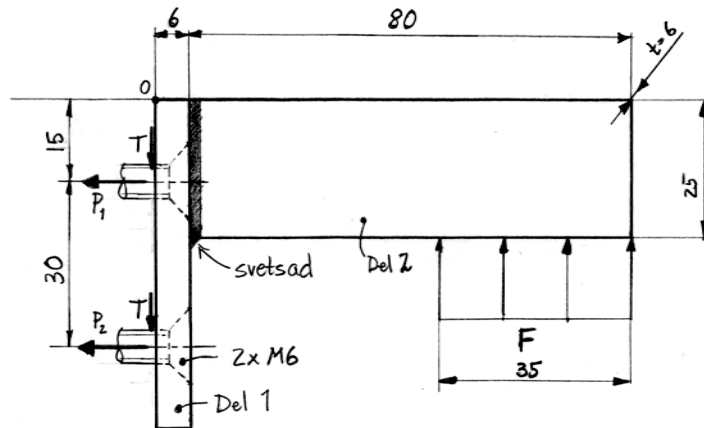
Momentjämvikt runt O ger :

$$M_O = (m \times g \times \cos(\alpha)) \times l_x + \\ + (m \times g \times \sin(\alpha)) \times l_y - (2 \times F_{SPÄRR}) \times l_{SPÄRR} = 0 \quad (5.35)$$

$\Updownarrow$

$$F_{SPÄRR} = \frac{(m \times g \times \cos(\alpha)) \times l_x + (m \times g \times \sin(\alpha)) \times l_y}{2 \times l_{SPÄRR}} = \\ = \frac{m \times g \times [\cos(\alpha) \times l_x + \sin(\alpha) \times l_y]}{2 \times l_{SPÄRR}} = \\ = \frac{100 \times 9,81 \times [\cos(10^\circ) \times ((85 + 28) - 59) + \sin(10^\circ) \times (50 + 24)]}{2 \times (297 - 6)} \approx \underline{\underline{111N}}$$

På nästa sida beräknas spänningarna i lådspärrarna och fästskruvarna.



Figur 5.37 – Lådspärr, belastning och mått

Spänning i lådspärrar och skruvar

Givet :

- $K_d = \text{dynamiskt tillskott} = 1,1$
- $\gamma_{mf} = \text{koefficient för maxlast} = 1,34$
- $F = F_{\text{SPÄRR}} = 111\text{N}$
- Skruv : M6 $\Rightarrow A_s = 20,1\text{mm}^2$ (Budynas & Nisbett, 2011)
- Mått enligt skiss

Antaganden :

- Lådtypep 1 $\Rightarrow$ ger minst kontaktyta mellan låda och spärr $\Rightarrow$ störst moment då F hamnar längre från O
- $F_{\text{SPÄRR}}$ hämtas från ovanstående beräkningar, trots att lådtypep 2 antogs där (konservativt antagande, ett teoretiskt "värsta fall")
- Del 1 av spärren antas vara stel
- Del 2 kan ses som en fast inspänd balk

Spänning i del 2

Moment vid "väggen" beräknades enligt :

$$M = F \times K_d \times \gamma_{mf} \times l = \quad (5.36)$$

$$= 111 \times 1,1 \times 1,34 \times \left(\left(80 - \frac{35}{2} \right) \times 10^{-3} \right) \approx 10,2\text{Nm}$$

$$W_b = \frac{I}{|z_{MAX}|} = \frac{\frac{B \times H^3}{12}}{\frac{H}{2}} = \frac{B \times H^2}{6} = \quad (5.37)$$

$$= \frac{(6 \times 10^{-3}) \times (25 \times 10^{-3})^2}{6} = 6.25 \times 10^{-7} \text{ mm}^3$$

$$|\sigma_{MAX}| = \frac{|M|}{W_b} = \frac{10,2}{6.25 \times 10^{-7}} \approx \underline{\underline{16,3 \text{ MPa}}} \quad (5.38)$$

Spänning i skruvarna

Skjuvkraft och skjuvspänning :

$$T = \frac{F \times K_d \times \gamma_{mf}}{2} = \frac{111 \times 1,1 \times 1,34}{2} \approx 82 \text{ N} \quad (5.39)$$

$$\tau = \frac{T}{A_s} = \frac{82}{20,1 \times 10^{-6}} \approx \underline{\underline{4,1 \text{ MPa}}} \quad (5.40)$$

Normalkraft och normalspänning :

$$M = (111 \times 1,1 \times 1,34) \times \left(80 - \frac{35}{2} + 6\right) \approx 11208 \text{ Nmm} \quad (5.41)$$

$$P_i = \frac{M \times r_i}{\sum_{j=1}^n r_j^2} \quad (5.42)$$

$$P_1 = \frac{11208 \times 15}{15^2 + (30 + 15)^2} \approx 74,7 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{11208 \times (15 + 30)}{15^2 + (30 + 15)^2} \approx 224,2 \text{ N}$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{P_{MAX}}{A_s} = \frac{P_2}{A_s} = \frac{224,2}{20,1 \times 10^{-6}} \approx \underline{\underline{11,2 \text{ MPa}}} \quad (5.43)$$

Effektivspänningen enligt von Mises :

$$\sigma_e^{vM} = \sqrt{\sigma_{MAX}^2 + 3 \times \tau^2} = \sqrt{11,2^2 + 3 \times 4,1^2} \approx \underline{\underline{13,3 \text{ MPa}}} \quad (5.44)$$

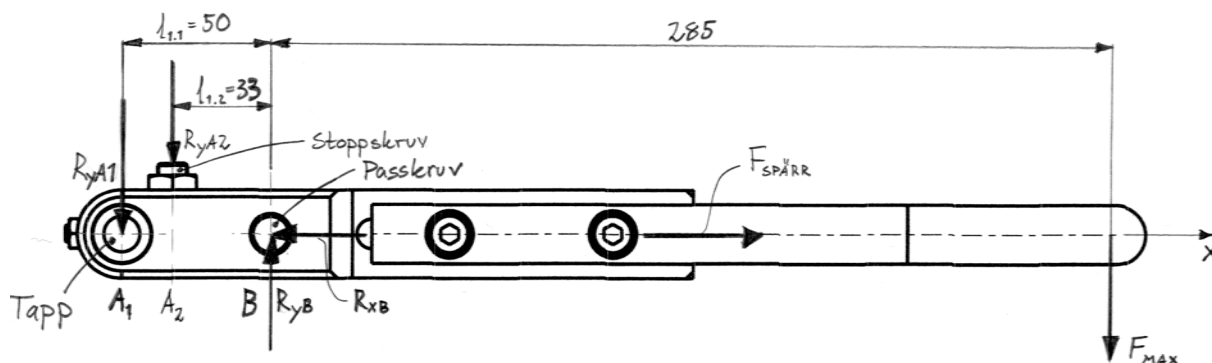
Enligt beräkningarna kommer spärrarna och deras fästskruvar inte att utsättas för några riskabelt stora spänningar. Trots att vissa förenklingar gjorts i den teoretiska modellen kunde slutsatsen dras att spärrarna dimensionerats tillräckligt starka.

5.4.8.6 Beräkning av spänningar i handtagsinfästningen

Nedan visas de beräkningar som utfördes på handtagets infästning. Spänningarna i tre komponenter beräknades.

- Tapparna som begränsar handtagets rörelse, utsätts för skjuvning
- Stoppskruvarna som avlastar tapparna i när handtaget är i tippningsläge, utsätts för tryck
- Passkruvarna som utgör handtagets ledaxel, utsätts för skjuvning
- Kontroll av statisk belastning på bussning i handtagsfästet

Spänningarna i handtagsfästena, som konstruerats synnerligen stabila och spänningarna i handtaget, som bara påverkas av ringa kraft antogs ligga långt under kritiska nivåer. Notera att den fulla tippningskraften, F_{MAX} användes vid beräkningarna trots att handtaget är fastsatt i båda sidor av vaggan. Om kraften hade verkat exakt mitt på handtaget varje gång vändaren används så hade kraften fördelats på båda sidor, men ett sådant antagande tycktes inte rimligt. I praktiken kan det mycket väl hända att användaren håller i ena sidan av handtaget och att kraften följaktligen tas upp nästan enbart av den sidans handtagsinfästning. Två alternativa belastningsfall betraktades. Ett där tapparna upptar all kraft som uppkommer till följd av momentet och en där stoppskruven som verkar parallellt med tapparna i detta avseende upptar all kraft. I realiteten kommer dessa två komponenter antagligen att dela på belastningen. Hur fördelningen kommer att se ut är dock svårt att avgöra och beror på hur handtagets ändlägen ställs in vid montering. Därför valdes det säkraste alternativet, att räkna med att antingen den ena eller andra komponenten upptar all belastning.



Figur 5.38 - Handtag sett från sidan, belastning och mått.

Beräkning av skjuvspänning i tapparna och ledaxlarna (passkruvarna)
samt normalspänningen i stoppskruvarna

Givet :

- Mått och belastning enligt skiss

- $\varnothing_{TAPP} = 20\text{mm}$

- M12 passkruv $\Rightarrow A_{sPS} = 84,3\text{mm}^2$ (Budynas & Nisbett, 2011)

- M10 stoppskruv $\Rightarrow A_{sSS} = 58,0\text{mm}^2$ (Budynas & Nisbett, 2011)

Antaganden :

- Ren skjuvning i tapp och passkruv
- Max belastning på både handtag och lådspärrar (från kapitel 5.4.3 och 5.4.8.5)
- Kraften på handtaget tas upp av endast en sida (se resonemang på föreg. sida)
- Tappen och stoppskruven tar ej upp kraft i x - led
- Antingen tar tappen, A_1 eller stoppskruven A_2 upp all kraft som krävs för att ge momentjämvikt kring ledaxeln, B

Momentjämvikt kring B ger :

$$F_{MAX} \times l_2 - R_{yAi} \times l_{1,i} = 0 \Leftrightarrow R_{yAi} = F_{MAX} \times \frac{l_2}{l_{1,i}} \quad (5.45)$$

$$R_{yA1} = 54,1 \times \frac{285}{50} \approx 308,4N$$

$$R_{yA2} = 54,1 \times \frac{285}{33} \approx 467,2N$$

Kraftjämvikt ger :

$$\uparrow : R_{yBi} - F_{MAX} - R_{yAi} = 0 \Leftrightarrow R_{yBi} = F_{MAX} + R_{yAi} \quad (5.46)$$

$$R_{yB1} = 54,1 + 308,4 = 362,5N$$

$$R_{yB1} = 54,1 + 467,2 = 521,3N$$

$$\rightarrow : F_{SPÄRR} - R_{xB} = 0 \Leftrightarrow R_{xB} = F_{SPÄRR} = 111N \quad (5.47)$$

Totala kraften i B

$$R_{Bi} = \sqrt{F_{SPÄRR}^2 + R_{yBi}^2} \quad (5.48)$$

$$R_{B1} = \sqrt{111^2 + 362,5^2} \approx 379,1N$$

$$R_{B1} = \sqrt{111^2 + 521,3^2} \approx 533,0N$$

Skjuvspänning i tappen

$$\tau_{TAPP} = \frac{R_{yA1}}{A_{TAPP}} = \frac{4 \times R_{yA1}}{\pi \times d^2} = \frac{4 \times 308,4}{\pi \times (20 \times 10^{-3})^2} \approx \underline{\underline{1,0 MPa}} \quad (5.49)$$

Normalspänning i stoppskruven

$$\sigma = \frac{R_{yA2}}{A_{SS}} = \frac{467,2}{58,0 \times 10^{-6}} \approx \underline{\underline{8,1 MPa}} \quad (5.50)$$

Skjuvspänning i ledaxel (passkruv)

$$\tau_{PSi} = \frac{R_{Bi}}{A_{PS}} \quad (5.51)$$

$$\tau_{PS1} = \frac{379,1}{84,3 \times 10^{-6}} \approx \underline{\underline{4,5 MPa}}$$

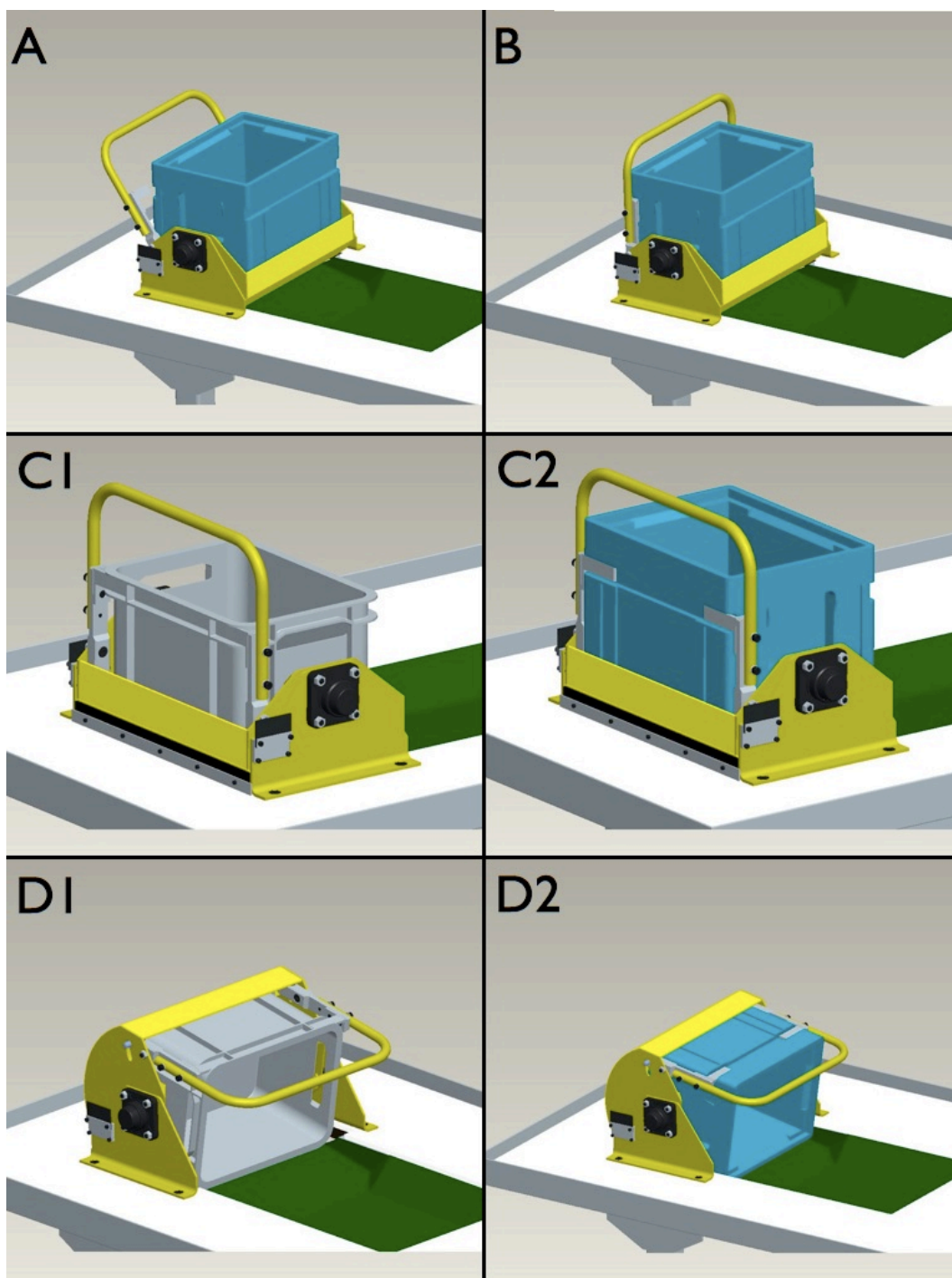
$$\tau_{PS1} = \frac{533,0}{84,3 \times 10^{-6}} \approx \underline{\underline{6,3 MPa}}$$

Som visades av beräkningarna ovan når inte heller dessa spänningar några kritiska nivåer. Alla beräkningar som utfördes visade låga spänningar i materialet, oavsett om tapparna eller stoppskruvarna upptar belastningen. Det kan också konstateras att den största kraften som förekommer på passkruven, 533N, inte resulterar i överbelastning av bussningen i handtagsfästet. Bussningen klarar en statisk belastning av 45kN. (SKF, 2010)

Om konstruktionen hade varit av sådan typ att den hade behövt optimeras och göras så lätt som möjligt, hade konstruktionsarbetet fortsatt med att klenare material provats i de områden som uppvisade stora marginaler. Som nämnts tidigare så behöver denna konstruktion inte optimeras på detta sätt, utan beräkningarna fyllde här en kontrollerande funktion. Vändarens konstruktion sågs nu som färdig och arbetet fortskred genom att ritningar på alla ingående komponenter togs fram.

Den kvarvarande delfrågan ”Finns det en lösning som passar båda lådtypeerna?” kunde nu besvaras med ett ja. Resultatet av detaljkonstruktionsarbetet var en vändare som klarar båda lådtypeer.

Huvudfrågeställningen ”Hur kan ett hjälpmedel som eliminerar den manuella vältningen av lådorna på monteringsbordet utformas?” hade nu också besvarats. Modellen som vuxit fram under konstruktionsarbetet visar hur vändaren kan se ut. Figur 5.39 på nästa sida visar den slutgiltiga modellen. Bildrutan A visar vändaren med handtaget tillbakafällt, därmed är vaggan låst och i- och urlastning kan ske säkert. På bilden är en låda av typ 2 är ilastad. Bildrutan B visar vändaren efter att handtaget fällts fram, lådan är nu fastlåst och vaggan kan tippas. Rutorna C visar hur lådspärrarna verkar på respektive lådtype. Slutligen visar rutorna D lådan i tippat läge.



Figur 5.39 - Vändaren som den såg ut efter avslutat detaljkonstruktionsarbete.

Trots att frågeställningarna besvarats kvarstod vissa moment för att kunna ha praktisk nytta av den konstruerade vändaren. Näste steg i arbetet var att ta fram ritningar.

5.4.9 Ritningar

Resultatet av det tidigare detaljkonstruktionsarbetet var en komplett modell av vändaren i Pro/E. Denna modell var användbar under design- och konstruktionsarbetet, men för att kunna tillverka komponenterna krävs vanliga, 2-dimensionella ritningar. En detaljritning togs fram till varje komponent som inte var av standardtyp. De komponenter som var av standardtyp, exempelvis skruvar, lagerenheter osv. listades i en komponentlista. För att visa hur komponenterna skulle monteras samman gjordes även ett antal sammanställningsritningar.

Ritningarna utfördes enligt SKF:s interna standard, som bestämmer utformning och innehåll i ritningshuvud samt hur ritningarna ska namnges. Övriga ritregler följer vanlig standard.

En stor del av arbetet med att ta fram ritningarna låg bakom mått- och toleranssättningen. I Pro/E har alla delar perfekta mått och passar därför tillsammans perfekt. I verkligheten kommer komponenterna aldrig att bli så perfekta, vissa avvikelser från nominella mått måste därför tillåtas. Toleranserna bestämdes så att tillverkning var möjlig och inte onödigt kostsam, samtidigt som passform och funktion bibehölls. De flesta av måtten gavs generell tolerans enligt SS-ISO 2768, övriga krävde mer noggrant definierade toleranser. Som exempel kan nämnas vaggans axeltapp. För att den ska passa ordentligt i lagerenheten krävdes att tappens diametermått gavs en tolerans enligt lagertillverkarens specifikationer. Ett annat exempel var hål och spår genom vilka tappar, skruvar etc. skulle passa. Form- och lägestoleranser användes för att säkerställa att delarna passade ihop på rätt sätt. Exempel på detta är vaggan, hålbilderna på vaggans båda sidostycken behövde hamna mitt för varandra. Om de hamnar förskjutet eller i vinkel kan problem uppstå när vändaren monteras. T.ex. riskerar vaggans och handtagets ändlägen att hamna fel och därmed bli ojämnt belastade.

När ritningarna väl var klara överlämnades de till en annan konstruktör på avdelningen för granskning. Detta är vanlig praxis på konstruktionsavdelningen och görs för att säkerställa att ritningarna är entydiga och korrekta. När ritningarna granskats korrigerades eventuella brister varefter tillverkare kunde kontaktas för att få in offerter på tillverkningskostnaden för vändaren.

Ritningsmaterialet bifogas ej till denna rapport, det finns lagrat i SKF:s elektroniska ritningsarkiv och är tillgängligt för behöriga SKF-anställda. I bilaga B finns en lista över samtliga ritningar som gjorts med figur och ritningsnummer.

6 FÖRANKRING MED K4 OCH ÖVRIGA FÖRETAGET

Som diskuterats i tidigare kapitel var det viktigt med en god kommunikation med K4 under arbetets gång. Under konceptgenereringsfasen bestod denna kontakt av ett antal möten med produktionschefen och besök vid monteringsstationen. Vid mötet med produktionschefen den 18/10 (Kapitel 5.3.4) bestämdes att projektet skulle behandlas på de veckovis återkommande arbetsplatsträffarna (APT:er) som man har i K4. Detta gjordes för att ge alla skiftlag chansen att se konceptet och framföra sina synpunkter.

6.1 Möten med alla skiftlag

På K4 arbetar man i fyra skiftlag, fyra ATP:er besöktes därför för att alla skulle få se konceptet och komma med åsikter. Solidmodellen av koncept 11 visades upp, samma modell som visas i bildmontaget i figur 5.25 på sidan 49. Reaktionerna från medarbetarna sammanfattas som positiva till vändaren som sådan, men vissa tveksamheter fanns kring placeringen av vändaren på arbetsbordet. Medarbetarna var nöjda med den låga manövreringskraft som skulle krävas jämfört med dagens situation och många av dem såg fördelarna med ett manuellt hjälpmedel. Flera förespråkade fortfarande en automatiserad lösning, men det förklaras varför en sådan inte var aktuell i dagsläget och de flesta verkade förstå situationen. En viktig aspekt som möttes med motstånd var att vändaren skulle uppta en del av bordsytan. Under informationsinsamlingen tycktes det spela mindre roll att den tänkta bordsytan skulle upptas av vändaren. Det visade sig dock nu att vissa medarbetare använde den delen av bordet som avställningsyta för halvfärdiga lager. Detta kom ibland mötena att glida ifrån diskussionen kring lådvändarproblemet och in på diskussioner om arbetsmetoder och produktflöden.

Skisser och diverse material skickades också till medarbetarna så att de skulle kunna sätta sig in i hur konceptet såg ut. En av dem tog på sig ansvaret att markera upp placeringen av vändaren på bordet. På så sätt visualiserades den inverkan monteringen av vändaren skulle ha på bordsytan.

Många diskussioner har förts och slutligen kunde konstateras att många var nyfikna på att testa den nya vändaren, även om placeringen på- och utformningen av arbetsbordet behövde diskuteras vidare. Produktionschefen var därför positiv till att fortsätta med arbetet tills ritningarna blev klara för granskning. I det här stadiet började projektet lämna ramarna för detta examensarbete, och ordinarie konstruktionsavdelning tog över för att granska ritningarna och begära in offerter.

För kompletta minnesanteckningar från ATP:erna, se bilaga A.

6.2 Möte med produktions- och tillverkningschefen

När arbetet nu delvis skulle lämnas över till konstruktionsavdelningen behövde tillverkningschefen inkluderas för att lägga de fortsatta planerna. Vid detta möte presenterades konstruktionen, som i det här läget var så gott som färdig.

Tillverkningschefen gav klartecken till att beställa granskning av ritningarna vilket skulle göra det möjligt att begära offerter från olika tillverkare. När prisuppgifter på tillverkningen hämtats in kan ett beslut om en eventuell beställning fattas. Det beslöts också att en riskbedömning skulle genomföras i samråd med produktionschefen, kanalens skyddsombud och Mofid (handledare). Meningen med denna riskbedömning var att hitta skaderisker som

vändaren kan medföra för medarbetarna. De risker som hittades skulle motverkas av lämpliga åtgärder. Se bilaga A för kompletta minnesanteckningar från detta möte.

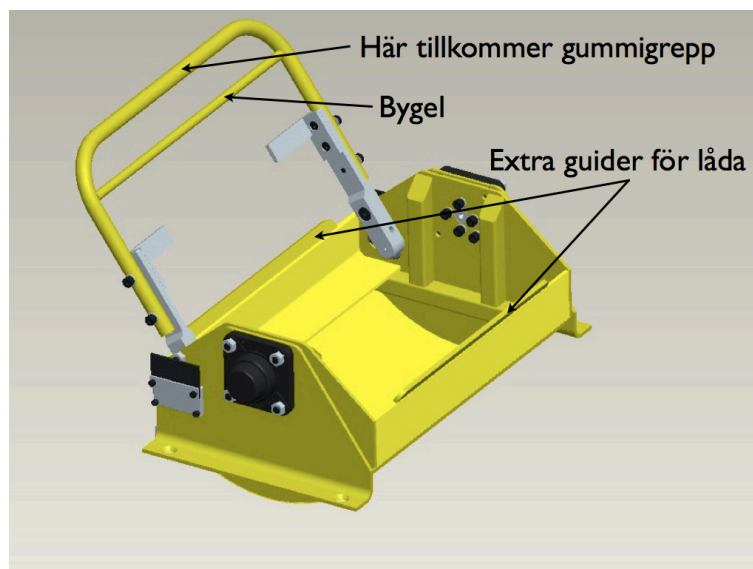
6.3 Riskbedömning

När vändaren tillverkats och monterats ska en riskbedömning genomföras innan den används. För att eliminera så många risker som möjligt före tillverkning genomfördes en riskbedömning även på själva konstruktionen. Solidmodellen betraktades och potentiella risker brainstormades tillsammans med produktionschefen, produktionsteknikern, K4:s skyddsombud och Mofid. Därefter dokumenterades lösningsförslag på dessa risker. Vissa förslag innebar mindre ändringar i vändarens- och arbetsstationens konstruktion medan vissa syftade till att främja en god arbetsmetod genom bruksanvisning och utbildning för medarbetarna. Det kompletta resultatet av riskbedömningen finns bilaga C.

Konstruktionsförändringarna av vändaren var relativt små och kunde utan problem implementeras i modellen och ritningarna. Dessa förändringar var:

- Guider för lådan på vändarens långsidor
- En extra bygel över handtaget för att förhindra att händer slinter och glider ner där de kan klämmas mellan låda och handtag
- Gummigrepp på handtaget, mjukt material önskades för att fungera för händer med oljiga handskar

I figur 6.1 nedan visas vändaren med de två första modifikationerna införda. Gummigreppen visas inte här, då det i skrivande stund inte hittats några lämpliga standarddetaljer.



Figur 6.1 - Vändaren efter genomförda modifikationer.

6.4 Bruksanvisning

För att vändaren ska användas och underhållas på rätt sätt och därmed vara säker skrevs ett utkast till en bruksanvisning. Skrivandet av bruksanvisningen hade delvis sin utgångspunkt i riskbedömningen beskriven ovan. Utkastet till bruksanvisningen kommer att behöva kompletteras med bland annat nya bilder och tillverkaruppgifter när vändaren är tillverkad och utprovad. I bilaga D ses detta dokument i sin helhet.

7 Slutsatser

Det kan konstateras att ett lösningsförslag tagits fram som kan uppfylla syftet med detta projekt. Vändaren som föreslagits i denna rapport skulle drastiskt reducera de fysiska påfrestningarna för medarbetarna vid tömning av lådorna. Vändaren kan även reducera vissa kvalitetsrisker för rullkropparna, då fallhöjden blir lägre än idag och tippningen bör bli mer kontrollerad.

För att nå fram till detta resultat utvärderades flera olika lösningsalternativ. Genom en noggrann urvalsprocess valdes ett alternativ som ansågs mest lämpligt utifrån förutsättningarna. Avgränsningarna som sattes upp i början av projektet spelade en viktig roll under arbetets gång. Framförallt avgränsningen som sade att endast manuella hjälpmedel skulle utvärderas. Detta medförde vissa motsättningar, då många medarbetare önskade en maskindriven lösning. Eftersom en sådan skulle medföra en större ombyggnation av hela monteringsstationen sågs det inte som en möjlig lösning i dagens läge. Trots dessa motsättningar får projektet ändå ses som framgångsrikt, då det resulterade i ett lösningsförslag som uppfyller alla krav och de flesta av önskemålen på kriterielistan.

Det kan även konstateras att frågeställningarna besvarades framgångsrikt. Huvudfrågeställningen har besvarats med en solidmodell och ritningar som förklarar hur vändaren kan byggas. Delfrågeställningarna besvarades allt eftersom projektet fortgick och resultatet blev den färdiga modellen och svaret på huvudfrågeställningen. Denna modell samt hur den används visas i figur 5.39 på sid 72.

7.1 Vidare arbete

Innan vändaren är monterad och klar att användas återstår en del arbete. Ett första steg blir att ta fram en prototyp så att kanalens medarbetare får ”känna på” hur vändaren fungerar i verkligheten. Därefter ska monteringsbordet inklusive buffertfickan modifieras så att vändaren kan monteras fast.

7.1.1 Prototyp

Som nämnts tidigare kan en prototyp tillverkas genom att utgå från det ordinarie ritningsmaterialet för vändaren, men utelämna vissa komponenter. Prototypen kan sedan byggas vidare på till dess att vändaren är komplett och färdig att monteras i bordet. Detta förutsätter dock att de detaljer som tillverkas till prototypen utförs i specificerat material och enligt gällande toleranser.

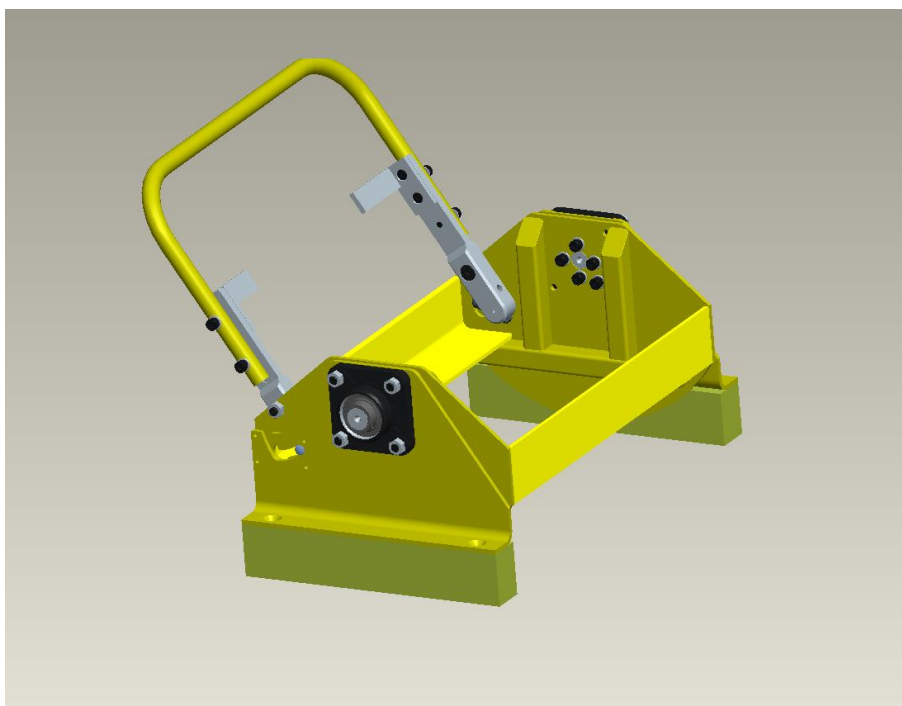
Som första prototyp föreslås att gavlar, vagga och handtag tillverkas enligt specifikation och följande detaljer utelämnas:

- Locken som skjuter in handtagets tappar när vaggan är i sitt hemmaläge
- Det bakre klämskyddet i sin helhet
- Klämskydden på gavlarna
- Lagerenheter och plastlock
- Eventuellt den svängda plåten på vaggans undersida
- Eventuellt guiderna på vaggans långsidor
- Ytbehandling av alla komponenter

Även stiftningen av lagerenheterna bör utelämnas och utföras först när vändaren monteras i sin slutgiltiga form på monteringsbordet. Om den svängda plåten på vaggans undersida och/eller guiderna på dess långsidor utelämnas vid prototyp tillverkningen kommer vaggan att kräva ytterligare svetsarbete innan den erhåller sin slutgiltiga form. Det bör därför utredas vad som är mest ekonomiskt, att utelämna dessa detaljer i det första skedet eller att tillverka den kompletta vaggan direkt

I listan över detaljer i bilaga B har de detaljer som kan utelämnas vid prototyp tillverkning märkts ut.

Resultatet kan ses i figur 7.1. Denna prototyp kan monteras på t.ex. en lastpall och sedan provas med olika lådor. Eventuellt kan den monteras provisoriskt på monteringsbordet för en mer verklighetsförankrad testning. För att inte behöva ta hål i monteringsbordet i detta skede kan vändaren monteras på träklossar (som i figur 7.1) så att vaggan går fri över bordsskivan. Prototypen fungerar på nästan samma sätt som den färdiga vändaren, skillnaden är att handtagets tappar manuellt måste tryckas in innan handtaget kan fällas bakåt. Försiktighet krävs vid testning då inga klämskydd monteras på prototypen. Vändaren får i detta tillstånd inte monteras permanent på monteringsbordet, utan klämskydden måste finnas med vid den slutgiltiga installationen.



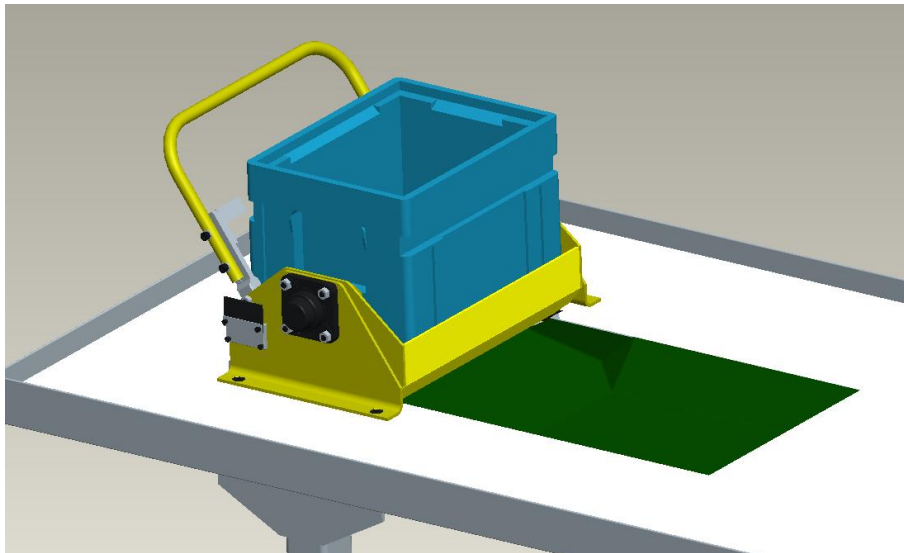
Figur 7.1 - Föreslagen prototyp av vändaren, kan monteras på klossar för att undvika att ta hål i monteringsbordet under testning.

7.1.2 Anpassning av monteringsbord och buffertficka

Vändaren är tänkt att placeras på monteringsbordet på samma plats som lådorna hanteras och välts idag, se skiss i figur 4.1 på sidan 10. Som framkommit under mötena med skiftlagen är placeringen av vändaren ett känsligt ämne som bör diskuteras i K4 innan vändaren monteras fast i bordet. Beroende på hur bordet och buffertfickan modifieras kan vändaren monteras på olika positioner på monteringsbordet. Det överlämnas till

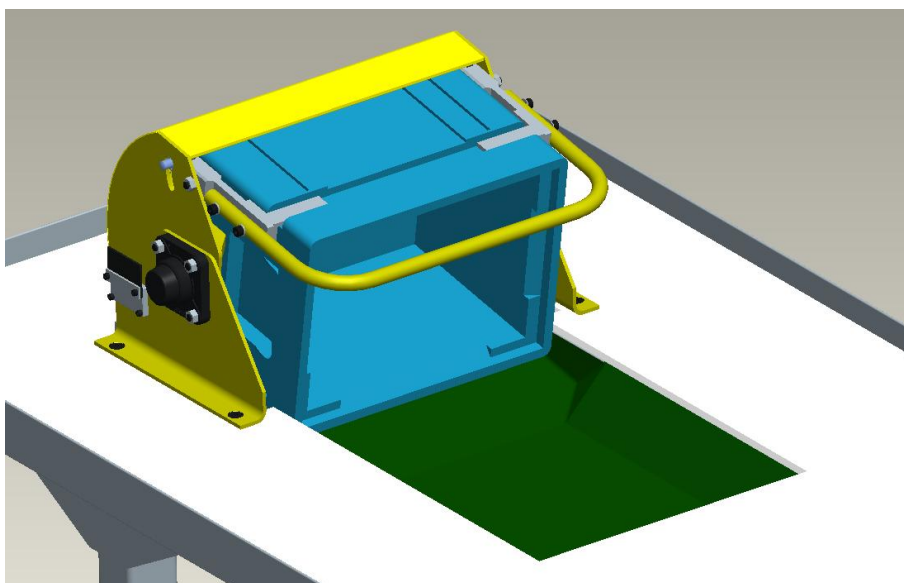
produktionschefen och övriga i K4 att fatta beslut om den exakta placeringen. När denna är fastslagen kan bordet och buffertfickan modifieras för att möjliggöra montering av vändaren.

När vändaren utvecklades togs en modell fram som visar hur den kan placeras på bordet och hur buffertfickan kan modifieras. Inga exakta mått finns, men modellen visas och beskrivs här för att underlätta det framtida arbetet med att montera vändaren i bordet.

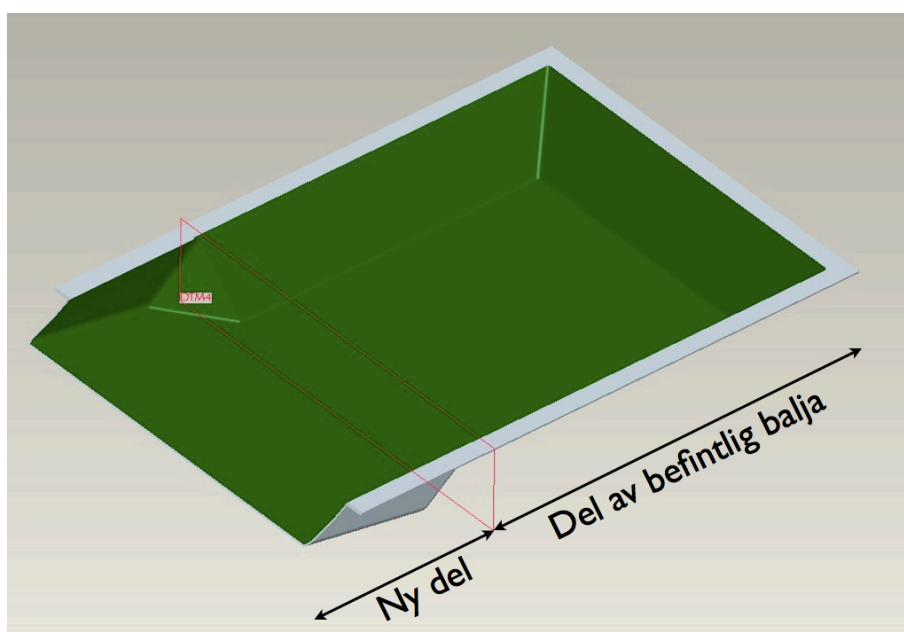


Figur 7.2 - Föreslagen position för vändaren.

Den föreslagna monteringen visas i figur 7.2 ovan och 7.3 på nästa sida. Under vändaren krävs ett 470mm brett hål i bordet. Detta hål tas upp i anslutning till det befintliga hålet som buffertfickan sitter monterad i. Beroende på var vändaren ska placeras och hur buffertfickan modifieras kan buffertfickans hål också behöva förlängas. När hålet är upptaget i bordet är det viktigt att bedöma huruvida extra förstärkningar under bordsskivan är nödvändiga. Så kan vara fallet, då ett så stort hål kommer att försvaga bordsskivan. Buffertfickan, som idag består av en symmetrisk balja av gummibeklädd stålplåt, kommer också att behöva modifieras. Detta för att lådan vid tippning ska kunna passa in i den, se figur 7.3 på nästa sida. Befintlig balja kan modifieras genom att ena kortsidan kapas bort, och en förlängning svetsas på plats, se modellen i figur 7.4.



Figur 7.3 - Lådan passar ner i den modifierade buffertfickan under tippning.

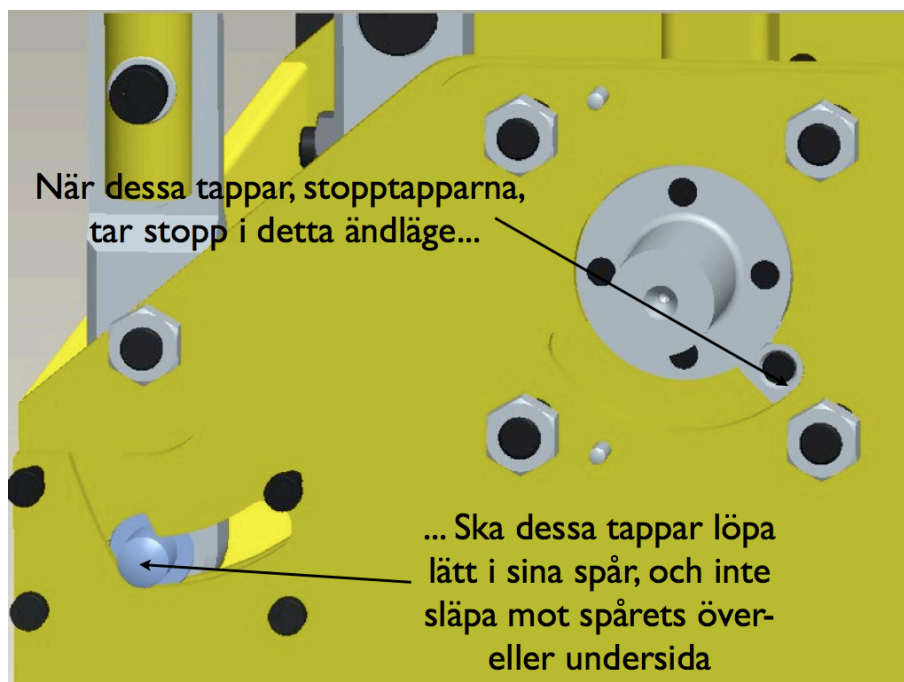


Figur 7.4 – Den befintliga buffertfickan, eller baljan, kan modifieras för att passa tillsammans med vändaren genom att baljan kapas av och en förlängning svetsas på plats.

7.1.3 Montering av vändaren

När monteringsstationen är modifierad och redo för vändaren är det dags att montera denna. Två delar måste skruvas fast (i genomgående hål och med muttrar) i monteringsbordet vid installation: Själva vändaren monteras i bordet med 4st MF6S M10 av lämplig längd, det bakre klämskyddet monteras med 4st lämpliga MC6S M6-skruvar. När vändaren monteras ska gliporna mellan vaggan och bordet/buffertfickan göras jämnstora och borde bli ca 5mm runtom. Det bakre klämskyddet monteras fast i bordet enligt sammanställningsritningen.

Lagerenheternas position ska justeras så att vaggans ändlägen blir korrekta. Med vaggan i hemmaläge ska båda sidors stopptappar ta stopp mot spårets ände. Samtidigt ska handtaget gå lätt att falla fram och tillbaka; handtagets tappars ska inte släpa mot sina spår. Se figur 7.5.



Figur 7.5 - När vaggan är i hemmaläge ska ändlägestapparna ta stopp i spåret vid lagerenheterna och handtagets tappar löpa fritt i sina spår.

Om bordsskivan är ojämn kan gavlarna behöva shimsas för att hamna rätt och medge korrekt inställning av vaggans hemmaläge. När vaggan är inställd korrekt dras lagerenheternas fästsruvar åt och lagerenheterna stiftas.

Referenser

Bernstein, D.A. (2011) *Essentials of Psychology*. Belmont: Wadsworth, Cengage Learning

Budynas, R.G. & Nisbett, J.K. (2011) *Shingley's Mechanical Engineering. Design*. (Ninth Edition) New York: Mc Graw-Hill

Dahlberg, T. (2001) *Formelsamling i hållfasthetslära Supplement till: Teknisk hållfasthetslära*. (Tredje upplagan) Malmö: Studentlitteratur

Fraser, I. (red.) (2010). *Vägledning för tillämpning av maskindirektivet 2006/42/EG*. (Andra utgåvan) Bryssel: Europeiska Kommissionen Näringsliv

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

Mägi, M. & Melkersson, K. (2011) *Lärobok i maskinelement*. Göteborg: Kompendiet

Svenska Kullager Fabriken, SKF (2008) *Huvudkatalog, skolupplaga*. Sverige: SKF-koncernen

Svenska Kullager Fabriken, SKF (2009) *Y-bearings and Y-bearing units*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.skf.com/binary/12-75526/Y-bearings-and-units.pdf> [2012-10-12]

Svenska Kullager Fabriken, SKF (2010) *SKF bushings, thrust washers and strips*. [Elektronisk] Tillgänglig: <https://secure.skf.com/binary/12-120169/SKF-bushings-thrust-washers-and-strips-1-EN.pdf> [2013-05-26]

Eugen Wiberger AB *Produkter och prislista*.
<http://www.wiberger.se/templates/iso7379.htm> [2013-05-27]

BILAGA A – MINNESANTECKNINGAR

Besök vid monteringsstationen samt möte med produktionschef, tekniker och Mofid (handledare) v39.

Lådhanteringsprocessen går till enligt följande: lådorna anländer på lastpall och ställs på golvet vid monteringsbordet. Operatören lyfter upp en låda med det specialdesignade lyftverktyget och ställer den på bordet. Lådans innehåll töms ut i en försänkning (buffertficka) i monteringsbordet. För att tömma lådan välts den för hand på bordet, inga hjälpmedel används alls. När lådan är tom lyfts den ner från bordet och placeras tillsammans med andra tomlådor för retur till rullkroppskanalerna.

- Lådorna väger strax under 100kg beroende på typ. Ett hjälpmedel bör konstrueras för att klara samma maxlast som lyftverktygen som används till lådorna, alltså 100kg.
- På ett skift töms runt 10st lådor
- Två lådtyper används, en äldre och en nyare (här kallade typ 1 och typ 2). Majoriteten av lådorna som hanteras är av typ 1.
- Man tömmer inte alltid allt innehåll på en gång, ibland töms lite i taget.
- Flera olika problem orsakas av den vältningen av lådorna, ergonomin är dålig och kvaliteten på rullarna är i riskzonen då det föreligger fara för slagmärken när rullarna faller ur lådan vid vältning. Detta tunga arbetsmoment gör att man får problem med arbetsrotationen i K4, då vissa medarbetare inte klarar av att tömma lådorna.
- Produktionschefen önskar ett manuellt hjälpmedel snarare än ett maskindrivet, men det måste vara välbalanserat och lättanvänt.
- Man är nöjd med dagens lyftverktyg som används till lådorna.
- Det har funnits ett manuellt hjälpmedel för längesedan i en annan kanal. Lådan ställdes i det och en hävarm hjälpte till med tippningen, exakt utformning framgick ej.
- Monteringsstationen utgör inte flaskhalsen i processen, den har tvärt om en viss överkapacitet. Det finns alltså ett ganska väl tilltaget tidsutrymme för lådhanteringen.

Besök i K4 2/10-2012

Efter att ha samtalat med flera av medarbetarna som arbetade har vissa viktiga aspekter kommit fram:

- Buffertfickan, eller baljan som den kallas i kanalen, bör behållas i mitten. Två medarbetare arbetar vid bordet samtidigt, en på varje långsida och båda måste nå buffertfickan. Det är inte heller lämpligt att placera den längs bordets ena kortsida, då de hade tvingat medarbetarna till upprepade, vridande rörelser.
- Man föreslog att ett hjälpmedel kunde byggas på bordet under hållar-hållarna.
- Man önskar en helautomatisk lösning om man hade fått välja fritt, men ett välkonstruerat manuellt hjälpmedel kan vara intressant. Produktionschefen har redan bestämt att det ska bli ett manuellt hjälpmedel, och medarbetarna verkar inte helt omöjliga på den punkten, men det måste bli lättanvänt!
- Det bekräftades att lådorna inte alltid töms helt och hållet, ett reversibelt hjälpmedel krävs alltså.

- Lådorna är inte alltid fullastade, viktigt att ta med det i beräkningarna då lådornas tyngdpunkt inte alltid är på samma position.
- Det bekräftades också att det framförallt är den gamla lådtypen (typ 1) som används.

Besök i K4 11/10-2012

Fullt upp i monteringsstationen, ett utmärkt tillfälle att observera arbetet i full gång. De som arbetade i monteringsstationen hade ett lite annorlunda sätt att välta lådorna jämfört med tidigare observerade metoder. De ställde lådan vid buffertfickan på samma position som ett hjälpmedel föreslagits placeras varefter en medarbetare på varje långsida bordet hjälptes åt att tippa lådan. Tippningsmomentet gick på det här viset lugnt och kontrollerat, rullkropparna tycktes heller inte utsättas för särskilt stora stötar. Det visade sig även att det går utmärkt att manövrera lyftverktygen på denna del av monteringsbordet, vilket gör att ett hjälpmedel kan monteras där. Ett hjälpmedel som efterliknar detta tippningsförfarande och underlättar det tycks vara något att sträva efter. Efter dessa observationer tycktes gasfjädern, som finns med i vissa lösningar för att kontrollera rörelsen, överflödigt. Om ledaxeln placeras rätt kommer den inte att behövas.

Möte med produktionschefen 18/10-2012

Kriterielistan gicks igenom och produktionschefen verkade mycket nöjd och tyckte att allt det viktiga kommit med, ”mycket trevlig läsning” blev omdömet.

Konceptmodellerna visades för att visualisera koncepten 1 och 11/12. Modellerna av de båda lådtyperna togs också fram för att kunna visa hur de passade i de konceptuella lösningarna. Då tiden var knapp och likheterna mellan koncept 11 och 12 är stora representerades de två koncepten av en modell, den för koncept 12.

Produktionschefen gillade enkelheten hos koncept 11/12 och tyckte att det var ett bra lösningsalternativ. Förslag från hans sida var att sänka ner hjälpmedlet i bordet för att få det lägre (enligt koncept 11) samt att lite olika manövreringsmetoder borde utvärderas. Han föreslog t.ex. att rattar monterades utanför lagerenheter istället för handtaget i bakkant på verktyget. Han ansåg inte att det innebar några problem att modifiera bordet, vilket är nödvändigt om hjälpmedlet ska sänkas ner i bordet.

Vidare hade han synpunkter på klämrisker och en skyddsplåt formad som ett cirkelsegment som följer med vaggan vid tippningen diskuterades. Denna skulle göra att gliporna mellan vaggan och bordet hölls konstanta och på så sätt förhindras fingrar och händer från att komma emellan och i kläm.

Koncept 1 ställde produktionschefen sig mer skeptisk till, framförallt ifrågasatte han säkerheten med en enkel gasfjäder. Han höll också med om att det kan bli problematiskt med lätt lastade lådor då gasfjädern motverkar tippningen.

Under mötets gång kom även två av kanalens medarbetare in och tittade på koncept 12. Till en början uttryckte de motstånd mot ett manuellt hjälpmedel i allmänhet och menade att det enda som fungerar var ett med automatik. De ifrågasatte också att hjälpmedlet tog upp så mycket bordsyta. Efter en diskussion förstod de delvis motiven bakom valet av ett manuellt hjälpmedel och motstridigheten i önskemålen automatiskt och minimalt upptaget utrymme.

Trots en viss skepticism från medarbetarnas sida tyckte produktionschefen ändå att vi går vidare med koncept 11. När koncept 11 var ytterligare utvecklat och en bra modell

tagits fram skulle det inledas en dialog med skiftlagen under de veckovis återkommande arbetsplatsträffarna (ATP).

Möte med produktionschefen 28/10-2012

En mer komplett modell på koncept 11 var nu framtagen och den skulle visas för produktionschefen. Visade också upp ett par alternativa utformningar på handtag. Produktionschefen var mycket nöjd, men fundersam till den ekonomiska biten, då det ledade handtaget introducerade ett antal nya komponenter som måste tillverkas. Det beslutades i alla fall att konceptet var så pass komplett att det skulle börja diskuteras på de veckovis återkommande APR:erna. Fyra stycken för att hinna få med alla skiftlag.

ATP 5/12-2012

Man var lite tveksam till att uppta det tilltänkta utrymmet på monteringsbordet, det används av vissa medarbetare som buffertyta för att ”jobba sig före”. Man var dock övervägande positiv till konceptet och insåg att ett visst utrymme måste offras för att komma till rätta med lådvändarproblemet. Det diskuterades hur stor kraft som skulle krävas för att tippa lådorna i vändaren. Har ännu inte räknat på det, men alla var överens om att det kommer att bli bra mycket enklare än dagens situation. Det diskuterades även att vissa av lådorna är halvfylla, viktigt att tänka på när ledaxeln placeras exakt. Det nämndes också att det finns en ytterligare monteringsstation i källaren, som verkar fungera som reserv. Det kan bli aktuellt med en vändare till denna också. Sammanfattningsvis var detta skiftlag övervägande positivt till konceptet som visades upp!

Vid besöket i K4 i samband med denna ATP kontrollerades även det tillgängliga utrymmet en gång till, för att säkerställa att ett ledat handtag får plats. Tycks OK, kan eventuellt behöva flytta ”fram” vändaren mot buffertfickan något.

Möte med Mofid 11/12-2012

En riskbedömning kommer att behöva genomföras på vändaren. Detta för att upptäcka och åtgärda eventuella arbetsmiljörisker för användarna. En bruksanvisning krävs också, men denna kan göras långt senare, när det blir aktuellt med tillverkning av vändaren.

Vissa hållfasthetsberäkningar behöver också genomföras. Även om det är ”uppenbart” att vändaren är konstruerad så att den håller, så bör man ändå ha några beräkningar på kritiska delar. Modellen som används på lyftverktyg kan användas för att lägga på lite extra säkerhet. Där multiplicerar man maxlasten med två koefficienter: Dynamiskt tillskott, $K_d=1,1$ och koefficient för maxlast, $\gamma_{mf}=1,34$. Följande beräkningspunkter föreslogs:

- Axeltappar
- L-profiler
- Lagerenheternas infästning, anta friktionsfritt mellan enheten och gaveln
- Tapp till handtag och ev tappens hål
- Övriga delar av handtagets infästning

ATP 12/12-2012

Man var kritisk till att vändaren skulle ta upp så mycket utrymme på monteringsbordet. Vissa i skiftlaget ville behålla det utrymmet att buffra på, något som rimmar illa med produktionschefens önskemål om arbetsmetod. Detta ledde in mötet i en infekterad gammal diskussion om materialflöden och arbetsrutiner. Blev en hel del munhugg... Återigen framfördes önskemål om automatik, men på det stora hela så var man ganska positiv till vändaren som sådan. Det pratades om att en prototyp kunde testas på den extra monteringsstationen i källaren som nämndes på förra ATP:n.

Då utrymmet var så mycket i fokus skickades efter mötet en skiss till produktionschefen där vändaren visades monterad på bordet. En av medarbetarna tog på sig uppgiften att utefter denna ritning markera ut var vändaren skulle stå på monteringsbordet. Allt detta för att ge lite mer känsla för hur mycket utrymme det egentligen handlade om.

ATP 19/12-2012

Återigen var utrymmesfrågan i fokus, men man var nöjda med vändaren och den låga tippningskraften som skulle krävas. En annan detalj som uppskattades var att båda lådtyper passar i vändaren utan att någon omställning krävs. Man var nyfikna på att få fram och prova en prototyp.

En medarbetare har eventuellt upptäckt ett sätt att förlänga monteringsbordet genom att banorna som lagerringarna kommer på kan kortas. Detta är helt klart något som bör utredas av K4 innan vändaren monteras i bordet.

ATP 21/1-2013

Som tidigare möten sågs vändaren i sig som en OK lösning på problemet. Den stora frågan blev återigen utrymmet. Det pratades om att man kunde flytta på hållaren för hållarna och flytta vändaren mer mot bordets kortsida.

Möte med produktionschefen 21/1-2013

Efter ATP:n möte med produktionschefen. Strategin inför framtiden lades upp:

- När ritningarna är klara kontaktas produktionschefen och han får då gå vidare med att få fram offerter.
- För att få fram en prototyp kan de nödvändigaste delarna tillverkas först och vissa utelämnas. Jag ska titta på vilka delar som behöver tillverkas och monteras för att "få en känsla" för hur vändaren kommer att fungera.
- Produktionschefen bokar ett möte med tillverkningschefen för att prata ekonomi. Jag deltar också vid möjlighet.
- Utrymmesfrågan behandlar de själva i K4. Eventuellt kan bordet komma att modifieras för att få mer utrymme. Men det ligger utanför detta projekt, som nu består i att få fram en prototyp.

Möte med produktionschefen och tillverkningschefen 20/3-2013

Det färdiga konceptet visades upp för tillverkningschefen. Han var positiv till vändaren och tyckte att projektet skulle föras vidare, men med vissa villkor. Det första som behövde göras var att få fram ett prisförslag på vändaren. Därför gavs klartecken att låta Christer (handledare) granska ritningarna så att de kunde skickas till olika

tillverkare för att få offerter. En riskbedömning behövde också göras innan projektet kunde gå vidare. Det beslöts att denna skulle genomföras i samråd med produktionschefen, kanalens skyddsombud och Mofid.

När dessa steg sedan var tagna kunde beslut fattas om nästa steg som inkluderar tillverkning av en prototyp. Tanken med prototypen är att den sedan ska kunna byggas vidare på och på så sätt utvecklas till den kompletta vändaren. Denna kan sedan monteras på plats på monteringsbordet.

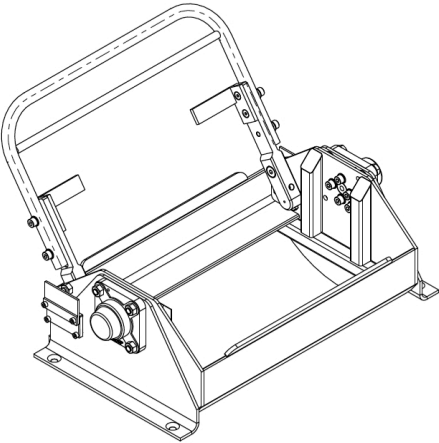
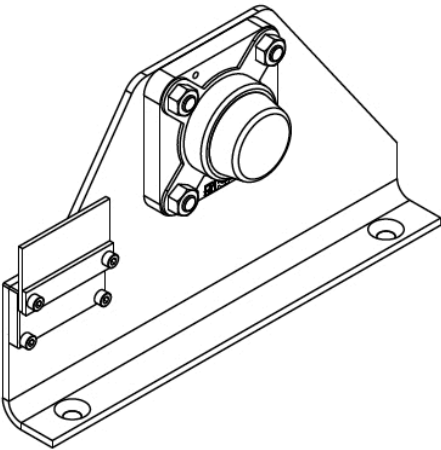
Möte med Mofid och Christer 25/4-2013

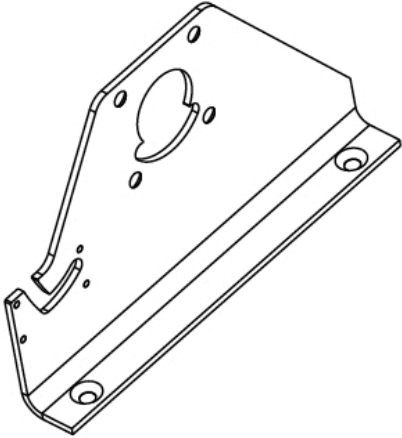
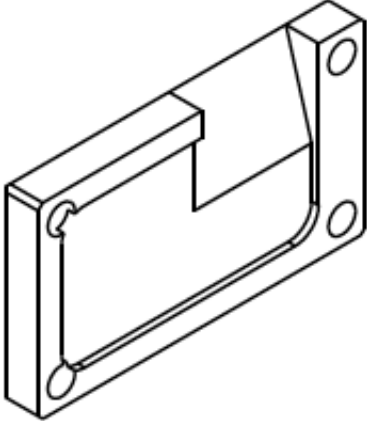
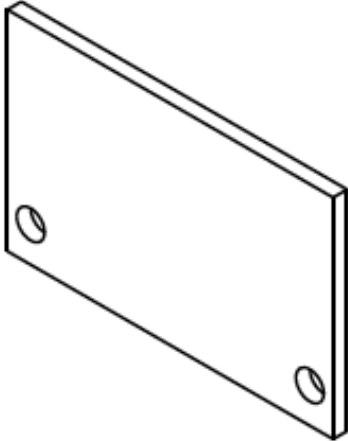
Han ska bestämma ett möte med produktionschefen för att genomföra riskbedömningen. Jag ska vara med på detta. Jag åtar mig också att skriva ett första utkast på användarinstruktionen, då jag är mest insatt i vändarens funktion. Jag ska även meddela Mofid när redovisningen ska äga rum på skolan, då han gärna vill närvara.

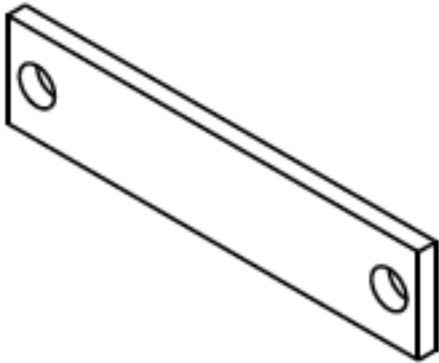
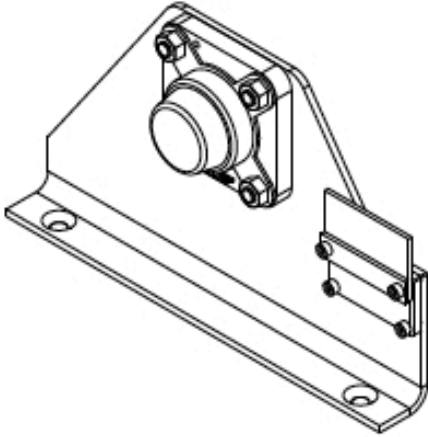
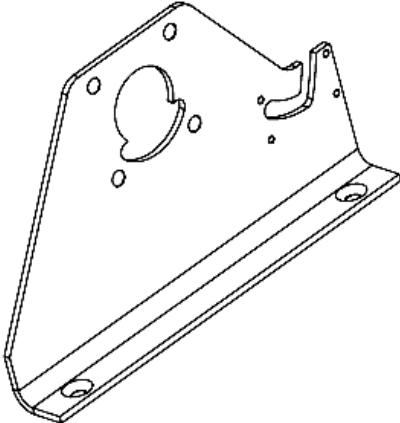
Senare möte med Christer angående de rättade ritningarna. Inte så mycket att göra, några mått och ritningsnamn som ska ses över. Jag åtgärdar detta i samband med att jag kommer in på mötet med riskbedömningen. Sedan tar Christer över igen och sköter kontakten med tillverkare och fixar in offerter.

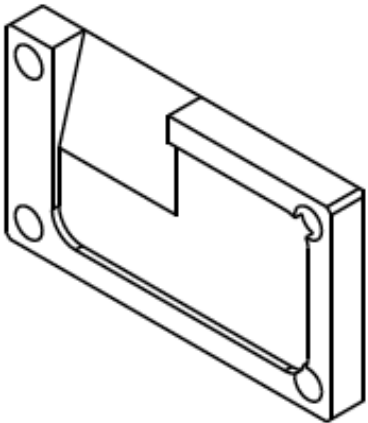
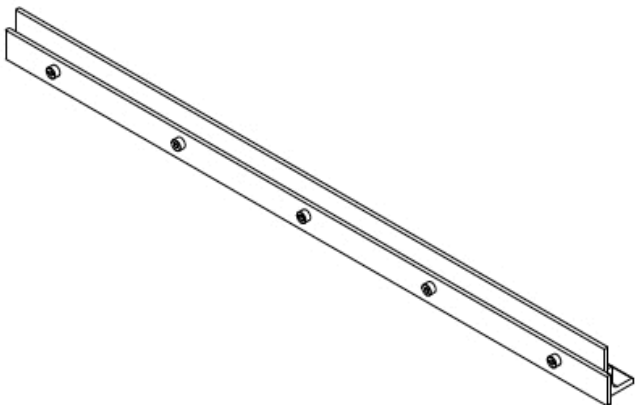
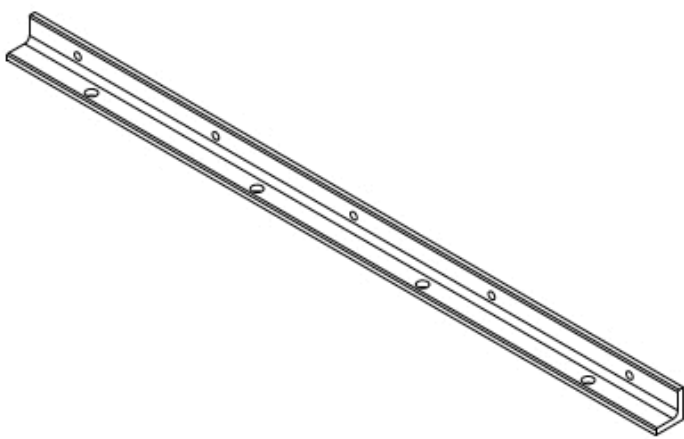
BILAGA B - KOMPONENTER

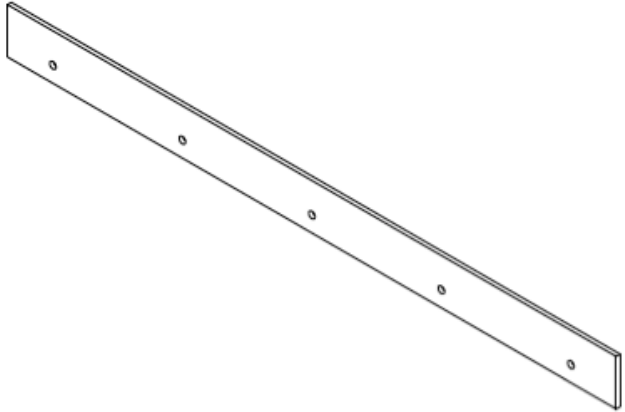
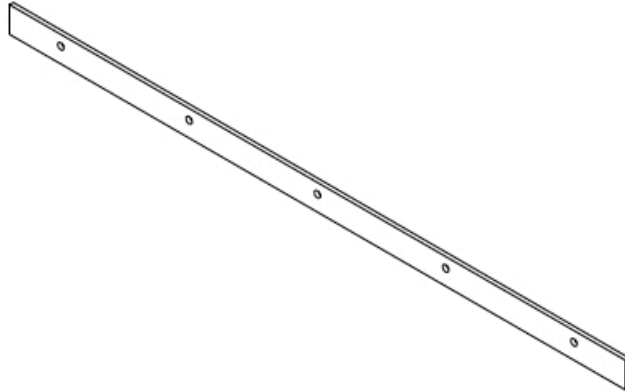
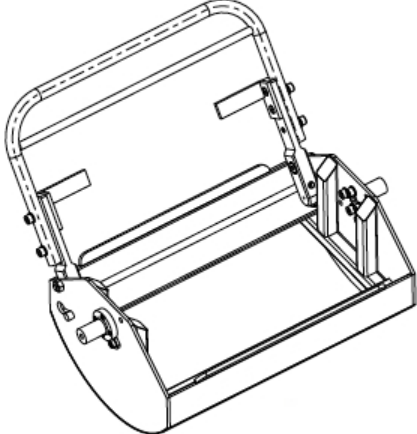
Specialdetaljer/Ritningar

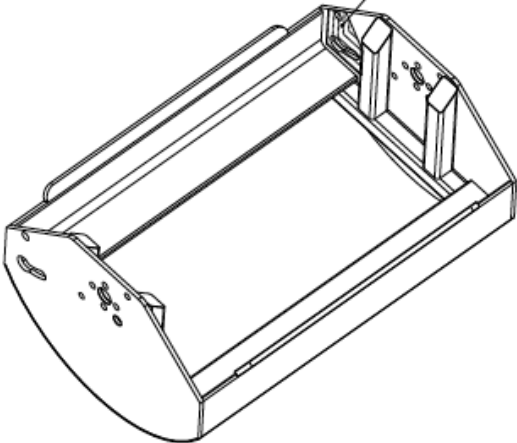
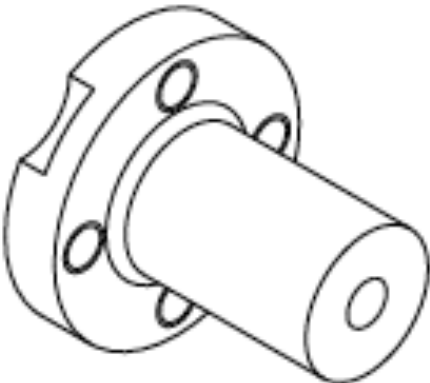
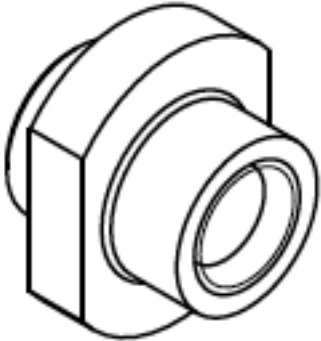
Benämning Typ Ritningsnummer/Ant Kommentar	3D-vy
Lådvändare, komplett Sammanställningsritning 11G5950034	
Sidostycke höger, komplett Sammanställningsritning 11G5950035/1st Benämns också "gavel"	

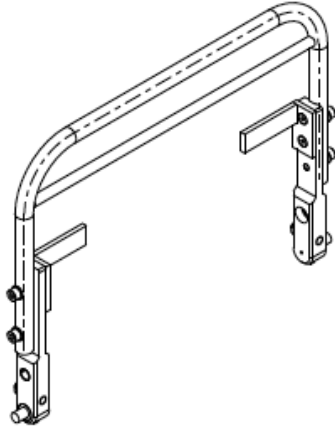
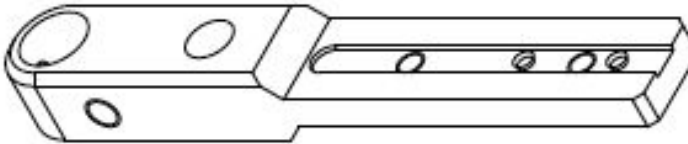
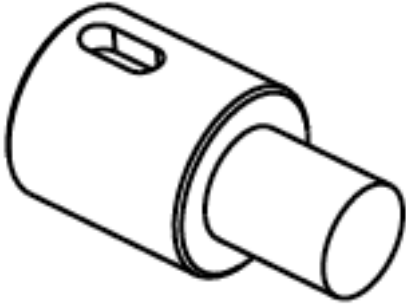
Sidostycke höger Detaljritning 11G5950036/1st Benämns också "gavel"	
Lock höger Detaljritning 11G5950037/1st Kan utelämnas vid prototyp tillverkning	
Gummi, klämskydd Detaljritning 11G5950038/2st Kan utelämnas vid prototyp tillverkning.	

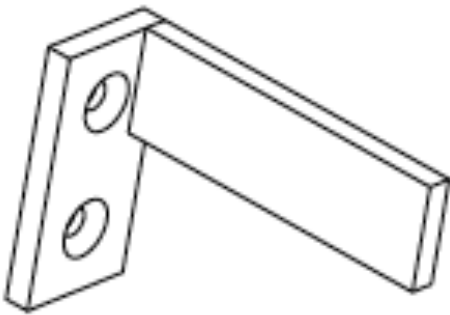
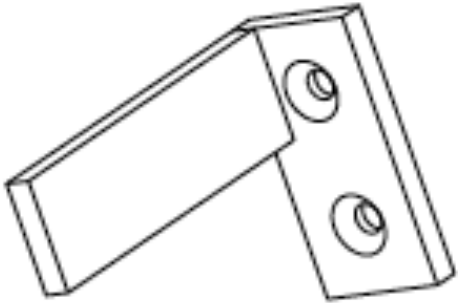
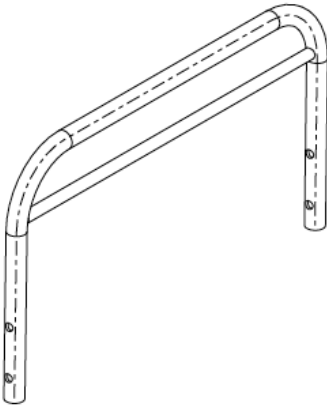
Bricka, klämskydd Detaljritning 11G5950039/2st Kan utelämnas vid prototyp tillverkning	
Sidostycke vänster, komplett Sammanställningsritning 11G5950040/1st Benämns också "gavel"	
Sidostycke vänster Detaljritning 11G5950041/1st Benämns också "gavel"	

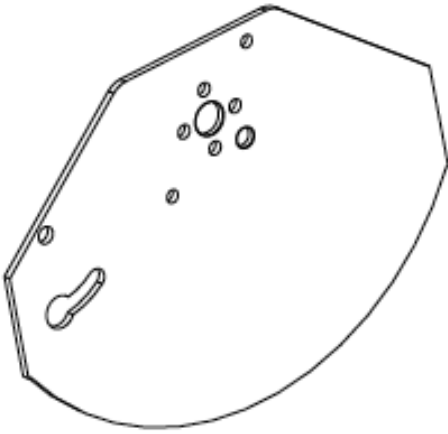
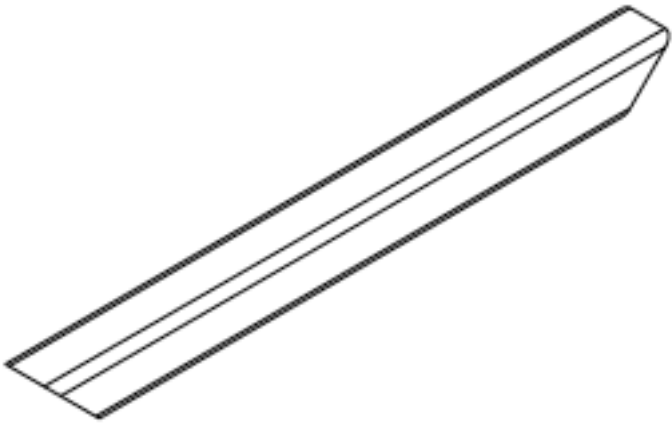
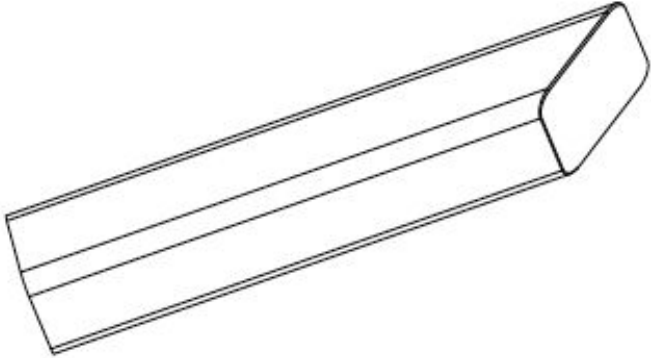
Lock vänster Detaljritning 11G5950042/1st Kan utelämnas vid prototyp tillverkning	
Klämskydd bakre, komplett Sammanställningsritning 11G5950043/1st Kan utelämnas vid prototyp tillverkning	
Vinkelstång, klämskydd bakre Detaljritning 11G5950044/1st (Kan utelämnas vid prototyp tillverkning)	

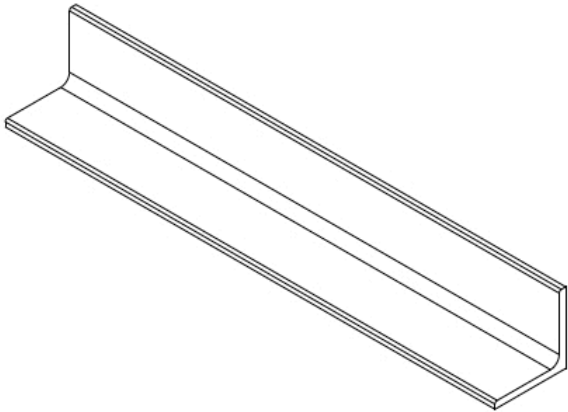
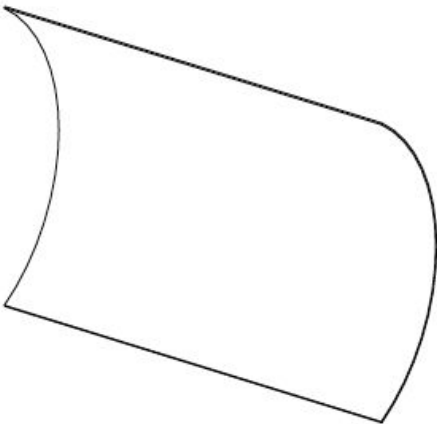
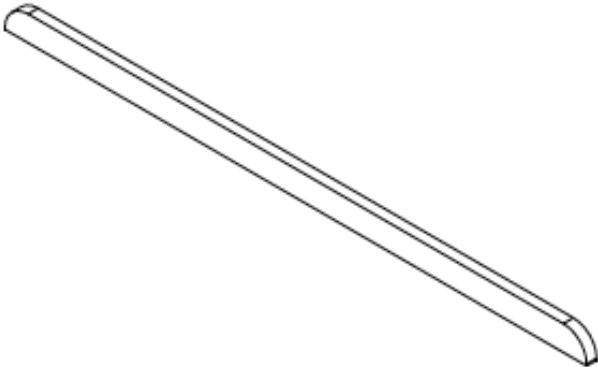
Gummi, klämskydd bakre Detaljritning 11G5950045/1st (Kan utelämnas vid prototyp tillverkning)	
Bricka, klämskydd bakre Detaljritning 11G5950046/1st (Kan utelämnas vid prototyp tillverkning)	
Vagga, komplett Sammanställningsritning 11G5950047/1st	

Vagga Svetsritning 11G5950048/1st	
Tapp, vagga Detaljritning 11G5950049/2st Benämns också "axeltapp"	
Stopptapp, vagga Detaljritning 11G5950050/2st	

Handtag, vagga, komplett Sammanställningsritning 11G5950051/1st	
Handtagsfäste, handtag Detaljritning 11G5950052/2st	
Spärrtapp, handtag Detaljritning 11G5950053/2st Benämns också "tapp"	

Spärr låda, höger Svetsritning 11G5950054/1st	
Spärr låda, vänster Svetsritning 11G5950055/1st	
Handtag Svetsritning 11G5950056/1st	

Sidostycke, vagga Detaljritning 11G5950683/2st	
Stödbalk, vagga Detaljritning 11G5950684/2st	
Guide, kortsida, vagga Detaljritning 11G5950685/4st	

Vinkelstång, vagga Detaljritning 11G5950686/2st	
Kåpa, vagga Detaljritning 11G5950687/1st Kan utelämnas vid prototyp tillverkning	
Guide, långsida, vagga Detaljritning 11G5950688/2st Kan utelämnas vid prototyp tillverkning	

Standarddetaljer

Benämning (Anm.)	Beteckning/mått	Ant.
Lagerenhet, SKF	FY25TF	2st
Lock, SKF (Kan utelämnas vid prototyp tillv.)	ECY205	2st
Bussning, SKF	PCM121415	2st
Fjäder, Lesjöfors	2907	2st
Passkruv	12x16 ISO 7379	2st
Cylindrisk pinne	CP4x16	4st
Skruv (Kan utelämnas vid prototyp tillv.)	MC6S M4x14H	5st
Skruv (Kan utelämnas vid prototyp tillv.)	MC6S M5x12H	4st
Skruv (Kan utelämnas vid prototyp tillv.)	MC6S M5x18H	4st
Skruv	MC6S M8x16H	10st
Skruv	MC6S M8x30	4st
Skruv	MF6S M6x14H	4st
Skruv	MF6S M10x30H	8st
Stoppskruv	T6SS M6x12	2st
Stoppskruv	P6SS M10x30	2st
Bricka	BRFB 8,4x16	14st
Mutter (Kan utelämnas vid prototyp tillv.)	M6M M4	5st
Mutter	M6M M10	10st
Mutter	ML6M M6	2st
Mutter	ML6M M10	2st

Riskbedömning av lådvändare PL 11G-5950033

Risk	Åtgärd
Klämrisk vid ilastning	Arbetsmetod där endast en person använder vändaren. (Bruksanvisning) God kommunikation mellan medarbetarna. Varningsskylt på vändaren
Höga lyft vid ilastning ger oergonomisk manövrering	Byta telfer till en med hängande manöverdon. Finns redan på andra ställen i kanalen – folk är vana att manövrera dylik travers.
Svårt att passa in lådan vid ilastning leder till oergonomiskt "lirkande"	Guider på vaggans vinkelprofiler som underlättar ilastning, motsvarande de som redan finns på vaggans sidostycken (Konstruktion)
Klämrisk när handtaget fälls fram	Arbetsmetod där endast en person använder vändaren. (Bruksanvisning) Bygel över handtaget som förhindrar att händer slinter. (Konstruktion) Greppvänligt material på handtaget som förhindrar att händer slinter. (Konstruktion)
Klämrisk mellan låda och bord/balja när lådan tippas	Arbetsmetod (bruksanvisning och utbildning)
Slitage på spärrar och andra kritiska komponenter	Kontroll vid operatörsunderhåll. (Bruksanvisning) Arbetsmetod, håll i handtaget genom hela arbetsmomentet så att vaggan inte slår tillbaka till sitt hemmaläge, särskilt vid halvtömnda lådor. (Bruksanvisning)

SS-EN 13155

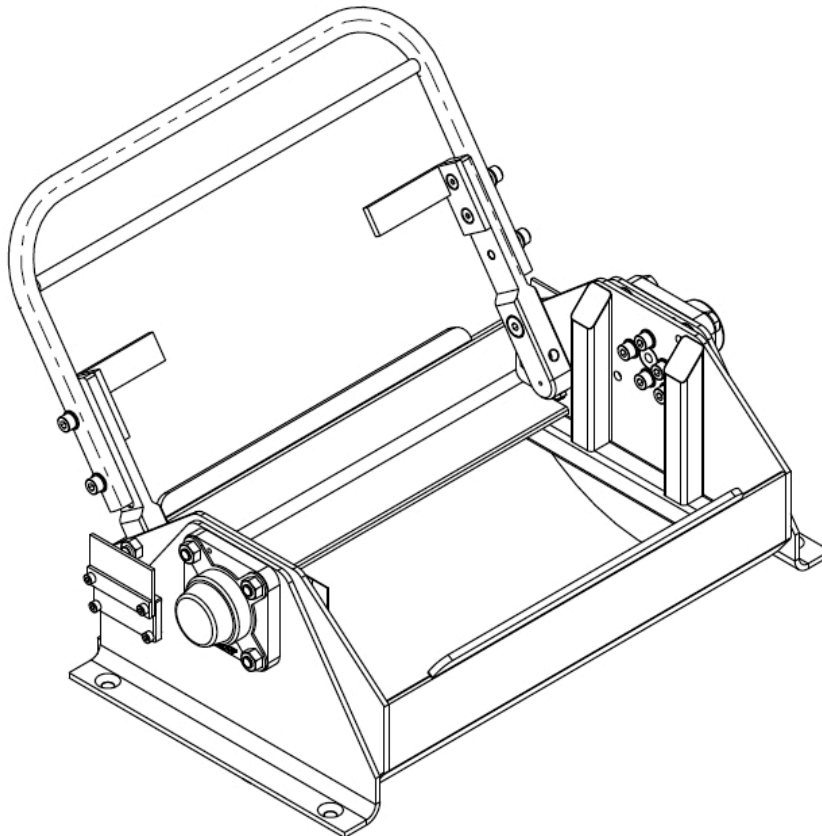
Sign: DC

Dat: 13-05-08

Ritn.nr: 11G-5950034

BRUKSANVISNING

Lådvändare



DC
13-05-14
Ritn.nr. -
Utgåva 1

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- 1. IDENTITET**
- 2. ANVÄNDNINGSOMRÅDE**
- 3. PRESTANDA**
- 4. BILDER**
- 5. LASTTYP**
- 6. HANDHAVANDE**
- 7. MONTERING PÅ ARBETSBORD**
- 8. RISKER**
- 9. UNDERHÅLL**
- 10. RESERVDELAR**
- 11. MEKANISKA RITNINGAR**

1. Identitet

Tillverkare -

Tillverkningsnr -

SKF-Nr -

Ritningsnr PL11G5950033

Tillverkningsår -

2. Användningsområde.

Hjälpmidlet skall användas till att tippa rullådor på monteringsbordet i Kanal 4. Lådorna kan vara av antingen nyare typ (blåådor) eller äldre typ. Oavsett lådtype gäller att tillåten maxvikt för lådan är 100kg.

3. Prestanda

Maxlast 100 kg

Kraftmedium Handkraft

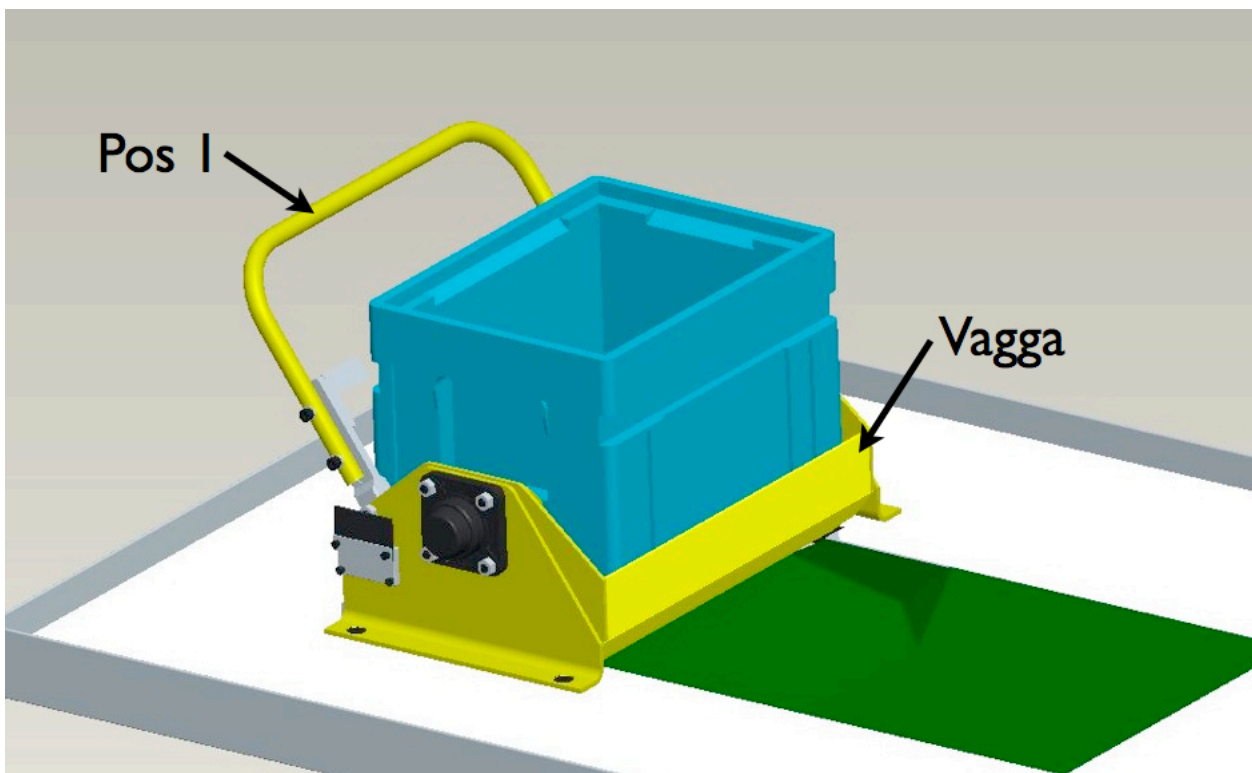
4. Bilder

Bild 1 – Vändaren i ilastningsläge, handtag bakåtfällt - vaggan låst

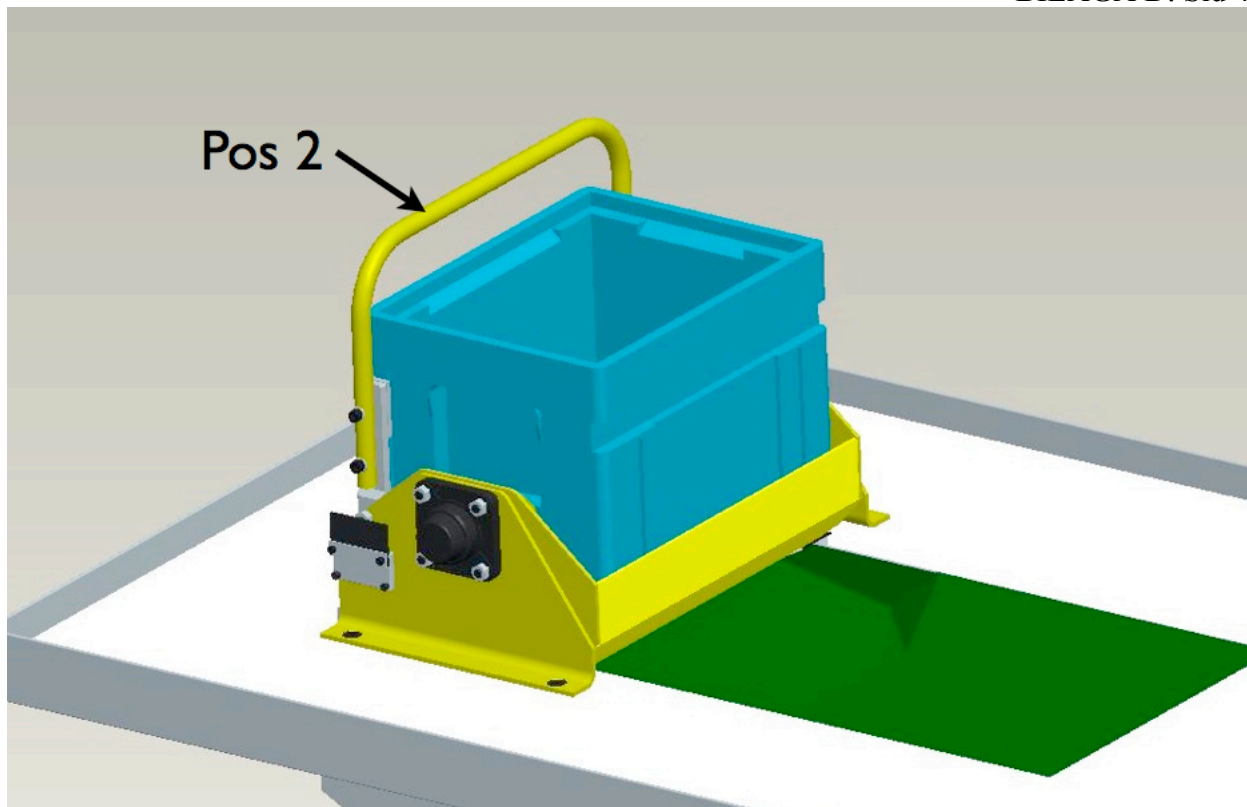


Bild 2 – Vändaren I tippningsläge, handtag fällt framåt - lådan fastlåst och vaggan upplåst

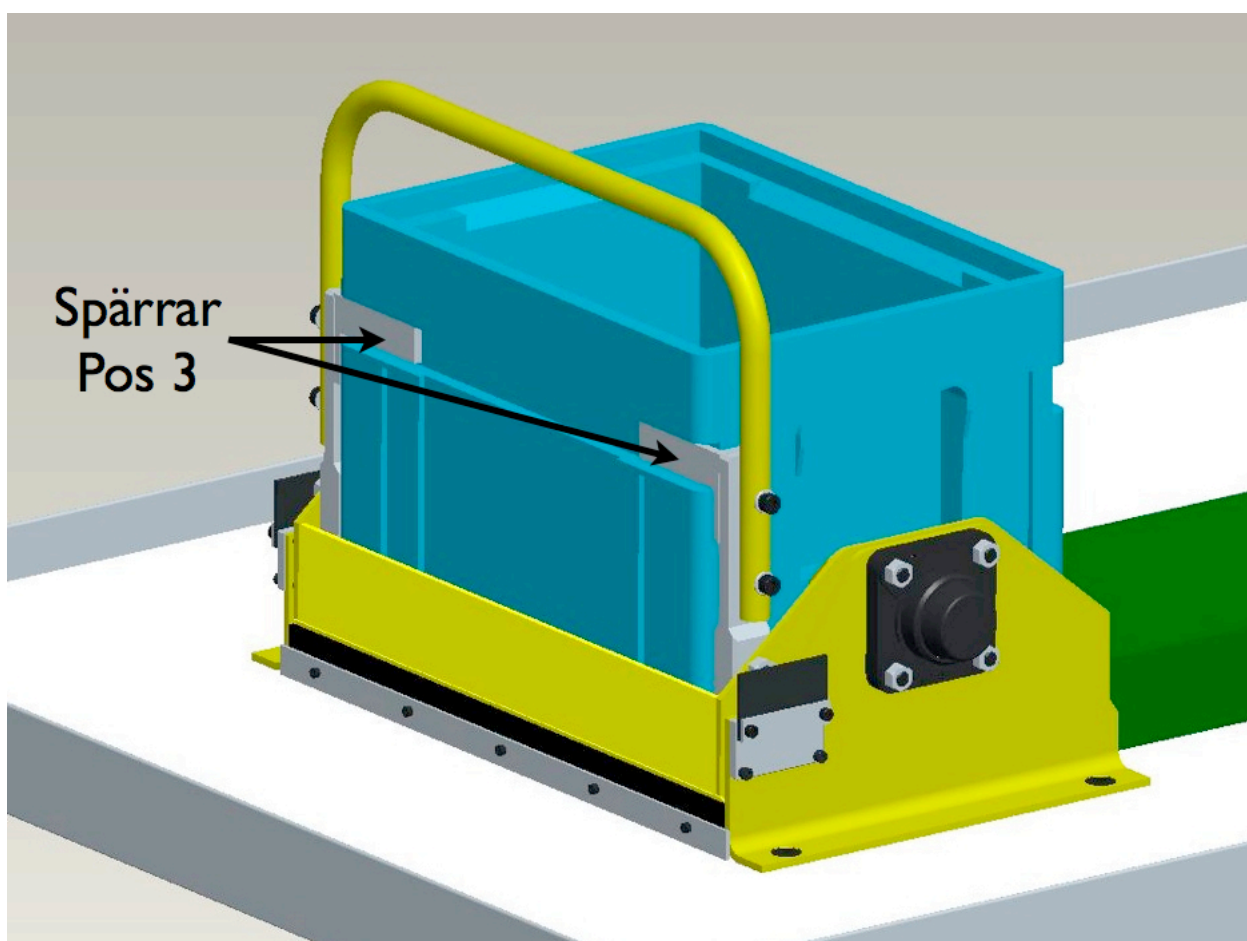


Bild 3 - Spärrarnas fästpunkter, blålåda

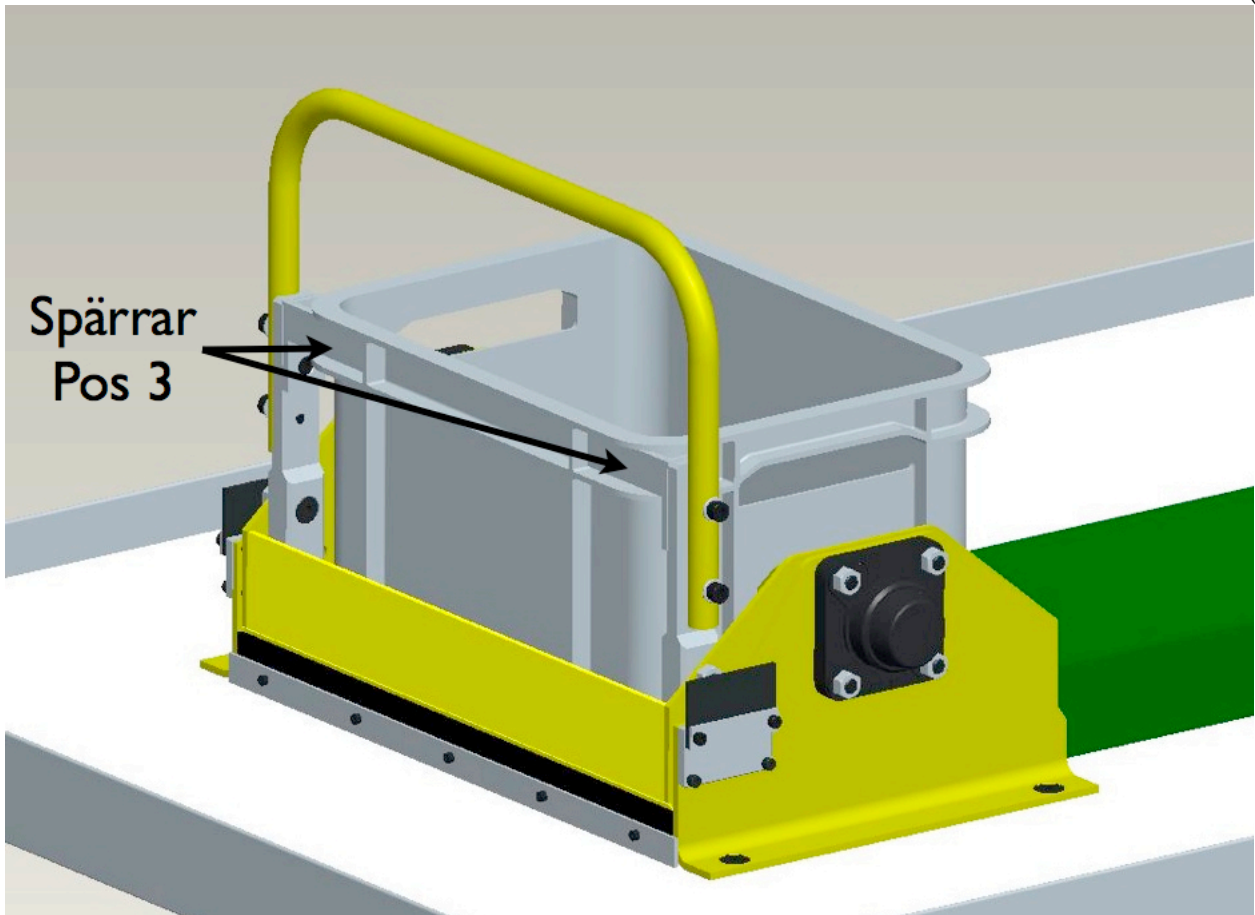


Bild 4- Spärrarnas fästpunkter, äldre lådyp

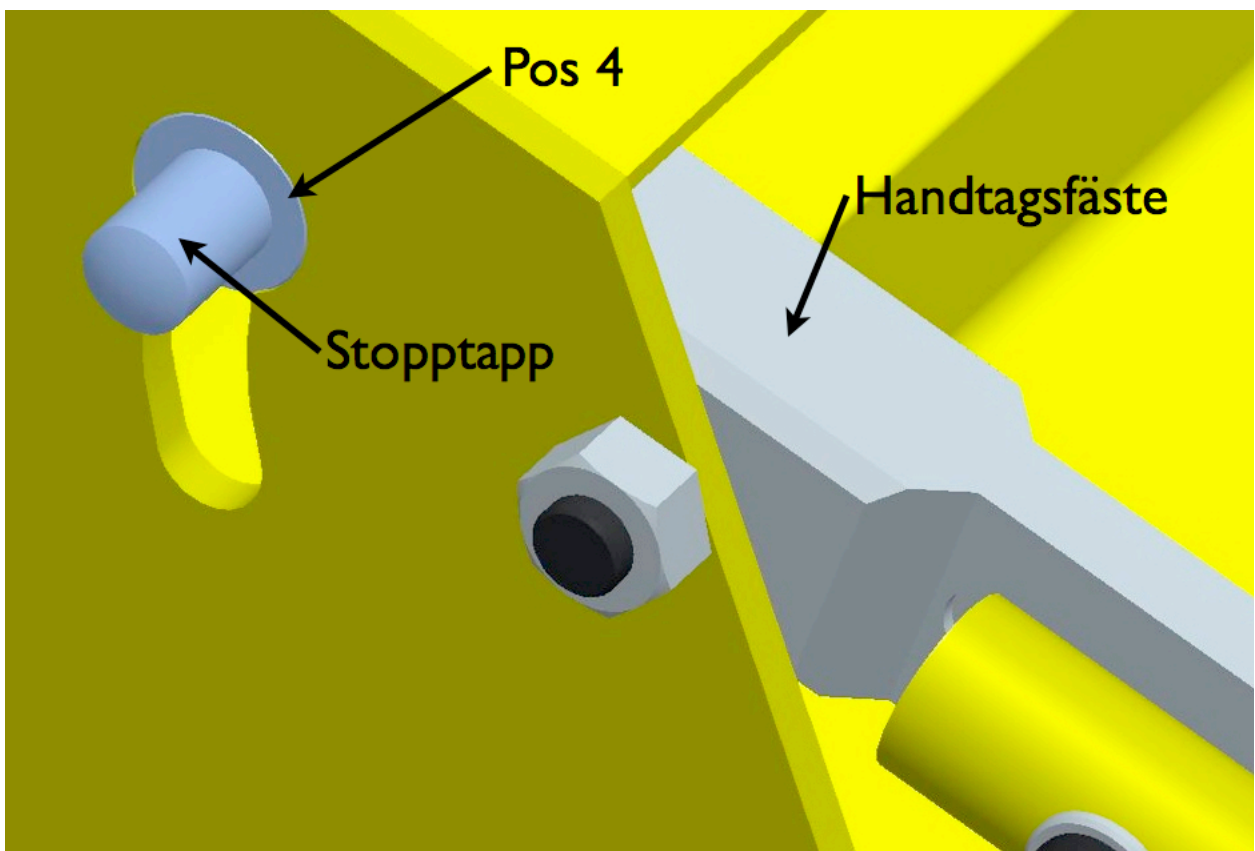


Bild 5 – Under tippning, spärrtapp i utfjädrat läge - handtaget låst

5. Lasttyp.

Lådorna tippas en åt gången

Lådornas vikt får ej överstiga 100kg

6. Handhavande.

Kontrollera att vändarens handtag är i sitt bakre läge, pos 1 (se bild 1) och att vändaren är fri från skräp som kan hindra lådan från att stå ordentligt i vaggan. Lådan placeras i vändaren med hjälp av befintlig travers och lyftverktyg varefter lyftverktyget avlägsnas från lådan.

VIKTIGT: Vid ilastning, kontrollera att lådan inte är skadad på ett sätt som påverkar spärrarnas fästpunkter eller hur den passar i vaggan.

VIKTIGT: Vid ilastning, upprätthåll god kommunikation med- och uppsikt över andra medarbetare vid monteringsstationen för att undvika klämskador när lådan ställs i vändaren.

För att tippa lådan, drag handtaget framåt tills det når sitt ändläge, pos 2. Se bild 2. När handtaget är i denna position är lådan säkrad i vaggan och vaggans tippfunktion är upplåst. Se bild 3 och 4, pos 3 som visar hur lådans spärrar passar i de olika lådtypeerna.

Fortsätt att dra handtaget framåt. När vaggan lämnat sitt hemmaläge, kontrollera att låstappen fjädrat ut till sitt yttre läge och låst handtaget, pos 4. Se bild 5 där tappen visas i sitt yttre läge.

Tippa ut den mängd rullar som önskas, fäll sedan tillbaka vaggan OCH handtaget. När lådan är tom lyfts denna ur och vändaren är redo att användas på nytt.

VIKTIGT: Håll i handtaget under hela tippningsprocessen och låt inte vaggan falla fritt tillbaka till sitt hemmaläge. Detta är extra viktigt om lådan inte tömts helt och hållet.

VIKTIGT: Undvik klämskador! Håll händer borta från området framför/under lådan vid tippning. Vändaren skall manövreras av en person åt gången, och endast genom grepp kring handtaget. Rör ej rullarna när de strömmar ut ur lådan.

7. Montering på arbetsbord

Vändaren skall innan användning monterats fast stadigt i arbetsbordet.

8. Risker.

Verktyget får inte användas för annat ändamål än vad som angivets i punkter 2 och 6.

Risk att tappa lådan om icke-godkänd låda används i vändaren.

Risk att tappa lådan om skadad låda används.

Risk för material- och personskador vid annan användning än de beskrivna i punkterna 2 och 6.

9. Underhåll.

Vändaren skall kontrolleras genom egenkontroll 4 ggr per år. Vid varje tillfälle skall kontrolleras att inga deformerade eller slitna delar finns. Särskilt noga kontrolleras lådornas spärrar och handtagets låstappar. Kontrollera att båda låstapparna fjädrar ut vid tippning, pos 4. Se bild 5.

4ggr per år skall låstapparna och lagerenheterna smörjas. Smörj låstapparna genom hålen i handtagsfästena med MAGNA BD 68. Lagerenheterna smörjs med SKF LGMT 2.

Vid varje användning skall operatören göra en okulär besiktning av vändaren och lådan som skall tippas.

10. Reservdelar.

Reservdelar enligt	PL11G5950033
--------------------	--------------

11. Mekaniska ritningar

Huvudritning	SA11G5950034
--------------	--------------