

Anpassning av mekanik för automatiserad produktion

Henrik Andersson
2013

Civilingenjörsexamen
Maskinteknik

Luleå tekniska universitet
Institutionen för teknikvetenskap och matematik

Sammanfattning

Att gå från att handmontera en produkt till montera den m.h.a. en industrirobot kan innebära att produktens konstruktion måste ändras. Detta för att möjliggöra en enkel och ekonomisk montering samtidigt som det innebär en ekonomiskt försvarbar investering av en robotanläggning. En sådan anpassning kan innebära fler förändringar än de rent konstruktionsmässiga kring produkten. Även förändringar för att monteringsaspekter ska blandas in tidigare i utvecklingsarbetet kring nya produkter kan behöva införas.

För att ta fram förslag på mekanik anpassad för robotmontering för Westermos produktserie Lynx användes en produktutvecklingsprocess bestående av flera steg. Första steget var att lokalisera behov genom att intervjua personalen, praktisera och fotografera i produktionen av Lynxen. Nästa steg var att omvandla dessa behov på lösningsneutral form för att få flexibilitet när koncept skapas. Från dessa lösningsneutrala behov skapades sedan en målspecifikation, där mål sattes upp som koncepten skulle uppnå. Efter satta mål påbörjades konceptgenereringen där mekaniken delades in i flera delproblem för lättare översyn. Delproblemen var kapsling, elektronikmontering, jordning, material och fastsättning. Beroende på delproblem behandlades de olika under konceptgenereringen.

Då koncept från de olika delproblemen kombinerats ihop och sorterats ut återstod två kompletta Lynx-koncept med olika karaktär. Det första konceptet hade ett utseende väldigt likt den nuvarande modellen av Lynx, där skillnaden är en förändrad delningslinje i kapslingen för att lättare kunna applicera de ingående kretskorten. Det andra konceptet skiljer sig mer från den nuvarande modellen av Lynx. Istället för att kapslingen består av två halvor där de två kretskorten skruvas i vardera halva, skruvas kretskorten i en ram som sitter mellan de båda kapslingssidorna. Ett annat kännetecken för detta koncept är att frontsidan är en separat del.

För att fastställa om de båda koncepten kunde robotmonteras anlätades konsultering utanför Westermo. De båda koncepten bekräftades att de kunde monteras m.h.a. en industrirobot. För att slutligen se vilket koncept som var bäst, gjordes utvärderingar där koncepten jämfördes mot varandra utefter utvalda viktiga kriterier.

Resultaten i den här rapporten visar att det går att anpassa mekaniken till Westermos produktserie Lynx för automatiserad produktion i form av montering m.h.a. en industrirobot. Det fattas dock detaljerade uppgifter på en rad områden för att kunna utse ett vinnande koncept. Främst gäller det uppgifter kring konceptens viktiga EMC-egenskaper som branschen ställer, men även uppgifter om hanteringskostnaderna i produktionen för respektive koncept. Genom detta arbete har många erfarenheter erhållits som är viktiga inför framtida arbeten inom Westermo Teleindustri AB.

Abstract

To change a product from being assembled by hand to be assembled by an industrial robot could mean that the products design must be changed. This is to enable a simple and economical assembly, at the same time as it means an economically justifiable investment of a robot installation. Such adaptation may mean more changes than just the structure around the product. Changes where the assembly aspects are implicated earlier in the development work on new products may have to be introduced.

To develop proposals for mechanics adapted for robotic assembly for the Westermo product line Lynx, a product development process consisting of several steps were used. The first step was to identify customer needs by gathering raw data from interviewing the staff, practicing and photographing in the production of the Lynx. The next step was to transform the raw data into needs with a solution neutral form to get flexibility when creating concepts. Then target specifications were established from the needs with solution neutral form, to set goals for the concepts to achieve. After the targets were set, concept generation began where the mechanics were divided into several subproblems to enable easier revision. The subproblems were enclosure, electronics assembly, grounding, material and fastening. The subproblems were treated differently during the concept generation.

As the concepts of the various subproblems were combined together and sorted out, two complete Lynx concept with different characters remained. The first concept has an appearance very similar to the current model of the Lynx, where the difference is a change in the pitch line of the enclosure to enable easier mounting of the circuitboards. The second concept differs more from the current model. Instead of having the enclosure consisting of two halves where the two circuitboards are screwed in each half, the circuitboards are screwed onto a frame placed between the sides of the enclosure. Another feature of this concept is that the front face is a separate part.

In order to determine whether the two concepts could be robot mounted, consulting was hired outside Westermo. Both concepts were confirmed that they could be assembled using an industrial robot. Finally, to see which concept were best, evaluations where concepts were compared against each other along selected essential criteria was used.

The results in this report show that it is possible to adjust the mechanics of the Westermo product line Lynx for automated production in the form of assembly by using an industrial robot. However, detailed information on a range of areas is missing in order to designate a winning concept. This mainly applies to information about the important EMC-characteristics of the concepts that the industry asks for, but also information about the handling costs of the production for each concept. Through this work many important experiences has been received for future work in Westermo Industrial AB.

Förord

Det här är rapporten för mitt examensarbete "Anpassning av mekanik för automatiserad produktion". Arbetet har utförts på Westermo Teleindustri AB:s huvudkontor i Stora Sundby utanför Eskilstuna.

Jag vill börja med att tacka Kari Parkkila, produktionschef på Westermo Teleindustri AB som kom med idén till det här examensarbetet. Jag vill även tacka min handledare på Westermo Peter Sjöstrand och även Tommy Duhan som varit med och hjälpt mig under arbetets gång. Jag vill sedan tacka alla andra arbetare på Westermo som tog sin tid och ställde upp för mig. Dessutom vill jag tacka Andreas Rask på ARHO som ställde upp och konsulterade kring robotmontering. Slutligen vill jag tacka min examinator vid Luleå tekniska universitet Peter Jeppsson som gett mig bra stöd och guidat mig genom detta examensarbete.

Jag hoppas mitt examensarbete varit betydande för Westermo i deras arbete att effektivisera sin produktion, och jag hoppas dessutom att någon eller några tar vid där mitt arbete slutade.

Eskilstuna 2013-07-03

Henrik Andersson

Innehållsförteckning

Sammanfattning	II
Abstract	III
Förord	IV
1. Introduktion	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Studier i ämnet	3
1.3 Westermo Teleindustri AB	4
1.4 Omfattning	4
1.5 Restriktioner/Villkor	4
1.6 Definitioner	5
1.6.1 DIN-standardisering.....	5
1.6.2 DIN-skena.....	5
1.6.3 DIN-låsning.....	5
1.6.4 Industrirobot.....	6
1.6.5 EMC-klassificering.....	6
1.6.6 Kapslingklassning.....	6
1.6.7 Gruppen.....	6
2. Referensram	7
2.1 Produktutvecklingsprocess	7
2.1.1 Needfinding.....	7
2.1.2 Need statements.....	7
2.1.3 Benchmarking.....	7
2.1.4 Målspecifikation.....	7
2.1.5 Konceptgenerering.....	8
2.1.6 Prototyper.....	8
2.1.7 Val av koncept.....	8
2.2 NX	9
2.3 Produktserien Lynx	9
2.4 Lynxens uppbyggnad	10
2.5 Slutmontering av Lynx	11
2.6 Krav på Lynx	12
3. Metod	13
3.1 Needfinding	13
3.2 Need statements	14
3.3 Hierarki	14
3.4 Målspecifikation	14
3.5 Konceptgenerering	15
3.5.1 Benchmarking.....	15
3.5.2 Kapsling.....	16
3.5.3 Jordning.....	16
3.5.4 Material.....	16
3.5.5 Elektronikmontering.....	17
3.5.6 Fastsättning.....	17
3.6 Val av koncept	18
4. Resultat	19
4.1 Needfinding-processen	19
4.2 Benchmarking	19
4.3 Målspecifikationen	19

4.4	Konceptgenereringen	20
4.4.1	Kapsling.....	20
4.4.2	Material	20
4.4.3	Elektronikmontering och jordning.....	21
4.4.4	Fastsättning.....	22
4.5	Prototyper.....	23
4.6	De två koncepten	24
4.6.1	Två halvor.....	24
4.6.2	Separata + ram	25
4.7	Val av koncept.....	26
5.	Diskussion	27
6.	Slutsatser och framtida arbeten	29
7.	Referenser.....	31
Bilaga 1.....		32
Bilaga 2.....		33
Bilaga 3.....		34
Bilaga 4.....		35

1. Introduktion

Idag är behovet av effektiv produktion stort. Automatiseringar genom införandet av maskiner och industrirobotar har bidragit till att öka effektiviteten. Det innebär dock stora investeringar, där välplanerat förarbete är viktigt för att hålla ner investeringskostnaderna.

1.1 Bakgrund

Westermo Teleindustri AB har traditionellt sett enbart använt sig av handmontering i serietillverkningen av sina produkter. Eftersom företaget vuxit och produktionsvolymerna stigit kraftigt, finns behovet av att kunna effektivisera produktionen. Tanken föll då på montering m.h.a. en industrirobot.

För att anpassa produktionen för denna typ av montering krävs en hel del. Dels måste själva produktionen struktureras om, och nya rutiner kring det dagliga arbetet hos personalen måste införas. Dessutom höjs precisionskraven på de ingående komponenterna, både på de komponenter som Westermo tillverkar själva, och även de som levereras av underleverantörer.

Westermo tillverkar en mängd olika produkter inom datorkommunikation. Att anpassa alla produktserier för robotmontering anses i dagsläget vara en för stor uppgift. Westermo vill börja titta på en av sina produktserier som säljs med stor volym och genom det skaffa sig erfarenheter att ta med sig vidare till andra produktserier. Valet föll på produktserien Lynx.

Lynxen är en kompakt datorkommunikationsswitch riktad till industrin. Handmonteringen av Lynxen som sker idag är inte helt felfri eller enkel. För att kunna montera ihop den krävs en erfaren montör som känner till produkten väl. Startskottet för denna framtida anpassning av robotmontering faller då på detta examensarbete som syftar till att ta fram förslag i form av koncept på ny mekanik som är anpassad för robotmontering av produktserien Lynx.

1.2 Studier i ämnet

Anpassning av mekanik för automatiserad produktion faller under ämnet *Design for assembly* (DFA). Som beskrivet av Zulki Khan¹, handlar ämnet om att skapa konstruktioner anpassade för volymtillverkning. DFA minskar bl.a. utvecklingskostnaderna och säkerhetsställer en smidig övergång mellan prototyp och serieproduktion.

Oftast fokuserar företag som tillverkar och levererar direkt till slutkund för mycket på produktens egenskaper och design än på DFA. Khan beskriver att den rätta tillvägagångssättet är att ta hänsyn till produktens tilltänkta produktionsvolym i ett mycket tidigare stadium i utvecklingsprocessen. Konstruktörerna och produktionsingenjörerna måste ha förståelse för varandras områden för att på så vis minska onödiga komplikationer och få en effektiv produktcykel.

1.3 Westermo Teleindustri AB

Westermo Teleindustri AB grundades år 1975 av ingenjören Tore Andersson i den lilla byn Västermo som ligger ca 3 mil väster om Eskilstuna. Sedan starten har inriktningen varit att tillverka datakommunikationsutrustning. Den första produkten som tillverkades var en RS-232 linjedrivenhet kallad KM-1, som tillät data att transporteras över långa avstånd m.h.a. tvinnade parkablar.

Verksamheten växte under de första decennierna och behovet av nya större lokaler infann sig. Trots att det fanns möjlighet för en flytt till en större ort eller stad, beslöts det att verksamheten skulle stanna kvar i bygden. Nya modernare lokaler byggdes i Västermo, och har sedan inflyttningen 1985 byggts ut i omgångar då verksamheten fortsatt växt. De använts än idag som huvudkontor, fabrik samt kontor och labb för delar av den egna utvecklingsavdelningen.

En viktig anekdot i Westermos historia skedde under 1990-talet. Då utvecklades världens första telemodem som var anpassad för montering på industriell DIN-skena, kallad TD-22. Den erbjöd fjärråtkomstlösningar för industriella enheter så som PLC och HMI.

Företaget var familjeägt ända fram till 2008, då ägarna valde att sälja hela verksamheten inklusive lokaler till Malmöbaserade elektronikföretaget Beijer Electronics. Vid den tidpunkten hade Westermo under 33 år växt från att ha varit en liten verksamhet till att omsätta hundratals miljoner, och ha egna dotterbolag i flera europeiska länder samt ett 30-tal samarbetspartners över övriga världen.

1.4 Omfattning

Arbetet omfattar att ta reda på hur mekaniken till produktserien Lynx måste formars om för att i framtiden kunna monteras m.h.a. en industrirobot. Framst gällde det mekaniken till Lynx av modellerna med 8 stycken nätverksportar och 2 stycken fiberoptiksportar, då de säljs med överlägset störst volym i serien. Huvuddelen blev att jobba med produktens kapsling, och få den mer monteringsvänlig, samtidigt som alla tidigare ställda krav på den (se kap. 2.6) måste uppfyllas. Utöver det tillkom övrig mekanik i form av skruvar och fästnanordning. Vid behov får även dessa ses över. Alla andra fördjupningar, t.ex. beräkningar av ekonomi eller undersökningar av materialval sågs som bonusar, men är inte obligatoriska i detta arbete.

M.h.a. produktutvecklingsprocesser och CAD-verktyget NX togs förslag i form av koncept fram och presenterades. För att säkerhetsställa att koncepten var monteringsvänliga nog för en industrirobot, konsulterades hjälp utifrån Westermo. Resultaten i slutändan kom att visa vilken väg Westermo i framtiden ska gå vid konstruering av mekanik för att uppfylla robotmontering.

1.5 Restriktioner/Villkor

Westermo säljer sin Lynx mycket p.g.a. dess kompakta design, där måtten är hämtade från DIN-standarder för elektronikrack. Alla Lynxar har yttermåtten 100x52,5x96 mm (höjd x bredd x djup). I detta arbete får inte vare sig höjden eller djupet ändras, däremot kan bredden ändras om goda skäl ges.

1.6 Definitioner

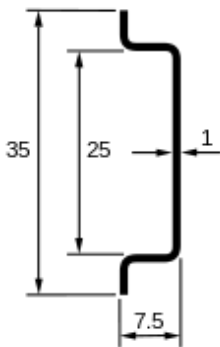
Här följer några definitioner som ska underlätta förståelsen vid läsning av denna rapport.

1.6.1 DIN-standardisering

*DIN*² står för *Deutsches Institut für Normung*, och är Tysklands standardiseringsorganisation, och medlem i den internationella standardiseringsorganisationen *ISO* och den europeiska standardiseringsorganisationen *CEN*. Idag finns det runt trettio tusen olika DIN-standarder som täcker nästan alla tekniska områden.

1.6.2 DIN-skena

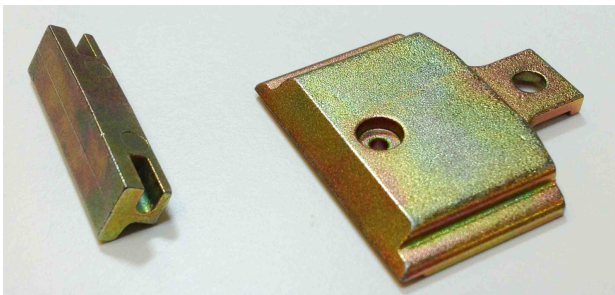
DIN-skenan³ är en standardiserad metallskena som används för att sätta fast strömbrytare och industriella datakommunikationsenheter på. Den vanligaste typen har måtten 35 x 7,5 mm, och ser ut som en hatt i tvärsnittet, se figur 1. Skenan följer den europeiska standarden *EN 50022*, som är specificerad för både en bredd på 7,5 mm samt 15 mm.



Figur 1. Tvärsnitt av en DIN-skena med mått i mm.

1.6.3 DIN-låsning

Kallas i det här examensarbetet den lösning som används för att fästa Lynxen på en DIN-skena. DIN-låsningen består av en DIN-hake och ett DIN-clips, se figur 2. Haken hängs vilande på DIN-skenans övre del, och fungerar även som jordningsväg. DIN-clipset låser fast Lynxen på DIN-skenans undre del, så att DIN-skenan kläms fast mellan de båda delarna.



Figur 2. Från höger till vänster; DIN-hake, DIN-clips.

1.6.4 Industrirobot

En industrirobot⁴ definieras av den Internationella standardiseringsorganisationen (ISO) som en automatisk styrd, omprogrammerbar, mångsidig manipulator som är programmerbar i tre eller fler axlar (*eng. automatically controlled, reprogrammable multipurpose manipulator programmable in three or more axes*). Den används inom industrin och ersätter mänskliga rörelser. Industrirobotar använts bl.a. för montering, svetsning och målning, men även för inspektering av produkter och testning.

1.6.5 EMC-klassificering

EMC⁵ står för Elektromagnetisk kompatibilitet (*eng. Electromagnetic compatibility*) och definieras som: En utrustnings förmåga att fungera tillfredställande i sin elektromagnetiska omgivning utan att orsaka oacceptabla elektromagnetiska störningar för annan utrustning.

1.6.6 Kapslingklassning

Kapslingsklassning⁶ beskriver hur väl inkapslingen för elektronik skyddar mot damm, vatten, inträngande föremål och ofrivillig beröring. Klassificeringen betecknas med bokstäverna *IP* (International Protection), följt av två siffror och eventuellt ytterligare en bokstav. Lynxen är IP40-klassad, vilket betyder att den skyddar mot beröring av föremål med minst 1 mm i diameter, samt att den inte ger något skydd mot väta.

1.6.7 Gruppen

När *gruppen* nämns i denna rapport menas om inget annat nämns förutom jag själv: Peter Sjöstrand, min handledare, samt Tommy Duhan, ansvarig för all mekanik.

2. Referensram

I arbetet har vissa processer och verktyg använts för att ta underlätta framtagningen av koncept. Här följer korta beskrivningar på dessa processer, samt beskrivning på Lynxens uppbyggnad och hur den idag monteras ihop.

2.1 Produktutvecklingsprocess

Produktutvecklingsprocesser⁷ är ett samlingsnamn på de processer som allmänt används inom produktutveckling i världen idag. I detta arbete har flera olika processer använts för att skapa koncept som uppfyller uppgiften. Här följer en kort beskrivning av dessa processer.

2.1.1 Needfinding

Kan översättas som "finna behov", och är en metod för att få fram de grundläggande behoven som ska guida produktutvecklare vid framtagning av nya produkter. Olika metoder kan användas för att hitta dessa behov, t.ex. används intervjuer och observationer från de tänkta kunderna, där rådata mestadels i form av kundernas önskemål och åsikter träder fram.

2.1.2 Need statements

I denna fas omvandlas all rådata från kap. 2.1.1 till ospecificerade behov för att utvecklare ska få flexibilitet när det kommer till att generera koncept. Viktigt är att dessa *Need statements* eller ospecificerade behov beskriver vad en produkt ska göra, och inte hur, på så vis begränsas inte möjligheten lika mycket att hitta lämpliga lösningar.

2.1.3 Benchmarking

Benchmarking är en process där bl.a. konkurrenternas produkter undersöks för att se vilken nivå ens egna produkter ska uppnå för att kunna konkurrera. Processen kan även utnyttjas för att hitta lösningar till problem inom andra branscher än den ens produkt tillhör.

2.1.4 Målspecifikation

Här specificeras de mål som den framtida produkten ska uppnå. Målen kan även användas som riktmärke för konstruktörerna under arbetets gång. I en målspecifikation skapas mått med tillhörande enheter (t.ex. måttet *vikt*, med enhet *kg*) m.h.a. de ospecificerade behoven som tagits fram i kap 2.1.3. Därefter sätts målen upp som ofta består av ett spann mellan två värden. Det ena värdet kallat *marginalvärde* är det värde produkten måste uppnå, medan det andra värdet kallat *idealvärde* är det värde som helst ska uppnås. Värdena kan exempelvis tas från konkurrenternas produkter, men de kan även diskuteras fram av konstruktörerna själva efter vad som ska uppnås.

Vissa mått är svåra att sätta enheter och värden på, t.ex. design. Där får istället exempelvis en grupp avgöra hur pass bra designen är. Andra mått innebär att produkten ska klara vissa standarder som redan finns på marknaden, t.ex. vid konstruktion av en ny cykel som ska klara olika storlekar på hjulen. Där får istället en lista med flera alternativ användas. Dessa specifikationer kan sedan användas i slutet

av produktutvecklingen för att väga olika koncept mot varandra och utse en vinnande lösning. Det är dock sällan det går att uppfylla alla mål, vilket kan leda till svåra avvägningar.

2.1.5 Konceptgenerering

Denna fas syftar till att generera olika lösningar som uppfyller de behov och mål som tidigare specificerats. Det finns mängder av olika sätt att få fram dessa på. Bl.a. kan olika gruppövningar användas där syftet är att stimulera sinnet hos konstruktörerna, så de genererar så många olika idéer och lösningar som möjligt. Helst så brett som möjligt att det täcker av alla möjliga lösningar. Sedan utvärderas dessa efter olika metoder där lösningar som verkar mer lovande tas ut. Efter det läggs fokus på att ta fram fler idéer och lösningar kring dessa, och så görs proceduren om till dess att flera olika lovande koncept arbetats fram. Dessa övningar kan göras i omgångar under arbetets gång för att säkerhetsställa att få fram så många lösningar som möjligt.

Det tillämpas ofta olika regler inom dessa övningar som syftar till att inte stänga ute några idéer eller lösningar som i praktiken inte skulle funka. Men dessa kan stimulera andras tankar så att de i sin tur kommer på funktionella idéer och lösningar. Som annars kanske inte skulle ha kommit fram om det inte vore för att dessa icke funktionella lösningar yttrades.

Det rekommenderas att denna typ av process sker gruppvis, då det är mer sannolikt att täcka av ett större område av lösningar. I fallet med detta arbete användes en annan metod där jag själv genererade så mycket idéer och lösningar jag kunde, och sedan stämde av med gruppen. Detta gjordes vid flera tillfällen under arbetets gång.

2.1.6 Prototyper

Prototyper används mest för fyra olika syften. Lära, där olika lösningar som arbetats fram testas på deras funktion och jämförs med varandra. Kommunikation, där en prototyps utseende och funktion kan användas för att beskriva dess syfte t.ex. mellan konstruktörer och företagets ledning. Det tredje syftet är integrering, där en prototyp består av flera delar och sätts samman för att testa dess funktion och eventuellt upptäcka om någon del inte funkar som det är tänkt. Det fjärde syftet är att prototyper kan användas för att demonstrera att en produkt nått en viss milstolpe i dess funktion. I vissa fall kan kunder kräva fullskaliga prototyper för testning och verifiering av dess funktioner.

2.1.7 Val av koncept

Här radas de olika koncepten upp och jämförs mot varandra. Oftast används olika typer av utvärderingsmetoder för att kunna välja ut ett koncept att gå vidare med i utvecklingen. Dels används enkla metoder där ens intuition får vara avgörande faktor, och det koncept som känns bäst vinner. Andra metoder innebär mer utförligare utvärderingar där koncepten jämför utefter flera urvalskriterier, som t.ex. är hämtade från målspecifikationen. Dessa urvalskriterier kan sedan bli viktade, där vissa anses vara viktigare än andra och på så vis ge ett mer rättvist resultat. Betygsättningen kan genomföras på flera vis, oftast utses ett av koncepten till referens där de andra koncepten sedan jämförs mot denna och på så vis få fram ett resultat.

Det är inte ovanligt att dessa utvärderingar görs i flera omgångar under arbetets gång, för att sålla ut de bästa koncepten. Sedan utvecklas de vidare tills en ny utvärdering genomförs. Ibland kan två sämre koncept slås ihop efter en utvärdering till ett nytt koncept, och på så sätt kombinera deras respektive bra egenskaper. Efter att ett slutresultat fått är det upp till beslutsfattarna att avgöra vad som ska hända med det vinnande konceptet.

2.2 NX

NX är ett avancerat programpaket med funktion för CAD (Computer-aided design), CAM (Computer-aided manufacturing) och CAE (Computer-aided engineering). Programpaketet utvecklas av Siemens PLM Software inom Det används bl.a. av konstruktörer för design, tekniska analyser och simuleringar vid olika typer av konstruktioner i 2D och 3D. CAD-programmen erbjuder inte bara modellering av enskilda parter, utan dessa kan även sättas ihop i en s.k. *assembly* (sv. *sammanställning*) för att t.ex. skildra färdiga produkter. I arbetet användes endast verktyget CAD i NX (version 8.5) för att skapa solidmodeller av de ingående komponenterna, och dessutom sammanställningar av dessa för att kunna analysera konceptens konstruktion och monteringsfunktion.

2.3 Produktserien Lynx

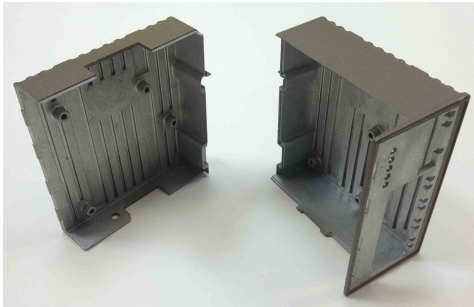
Westermos produktserie Lynx är en serie datakommunikationsswitchar konstruerade för tuffa industriella miljöer, se figur 3. Lynx har en väldigt kompakt design (100x52,5x96 mm) i höjd, bredd och djup, och med dess DIN-fästning är den anpassad för elektronickrack. Serien erbjuder olika elektroniska omvandlingar mellan olika typer av kontaktportar, bl.a. RJ45, fibernätverk och RS-232/RS-485. Allt sköts med Westermos egenutvecklade operativsystem WeOS.



Figur 3. Westermo Lynx.

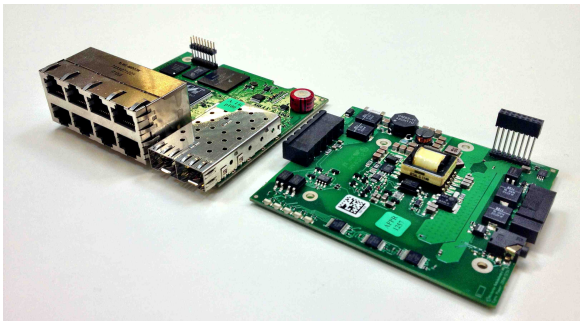
2.4 Lynxens uppbyggnad

En Lynx-produkt består idag av ett antal olika delar, både elektroniska och mekaniska (se tabell 1). Inuti sitter två kretskort skruvade i vardera av två halvor som kapslingen består av, se figur 4. Fästordningen, d.v.s. hur Lynxen fäst fast i operativt läge, består av DIN-låsningen, även dessa skruvas fast i kapslingen. Utöver det tillkommer klisteretiketter, anslutningsplintar för strömkontaktorna och en frontetikett som klistras fast på fronten och beskriver de olika kontakternas och lysdiodernas funktioner.



Figur 4. Från vänster till höger; Lock, botten.

Hjärtat i Lynxen är givetvis dess elektronik som består av två kretskort, ett s.k. *switchkort*, och ett s.k. *powerkort*, se figur 5. På switchkortet sitter alla kontaktportar, medans powerkortet är utrustat med strömkontakter samt en diagnoskontakt. De båda kretskorten kopplas samman m.h.a. en stiftkontakt bestående av 16 stycken stift fördelade på två rader.



Figur 5. Från vänster till höger; Switchkort, powerkort. Stiftkontaktorna kan ses sticka upp bak på kretskorten.

Tabell 1. Tabell över den fasta ingående mekaniken på en Lynx.

Typ	Antal (st.)	Beskrivning
Kapsling, botten	1	Bärande, jordad del som switchkortet fästs i. Behandlad med E-CLPS 4600 och färglackad på utsidan.
Kapsling, lock	1	Bärande, jordad del som powerkortet fästs i. Behandlad med E-CLPS 4600 och färglackad på utsidan.
DIN-hake	1	Håller Lynxen på DIN-skenan. 3-värt krom behandlad.
DIN-clips	1	Låser fast Lynxen mot DIN-skenan. 3-värt krom behandlad.
Skruv, för kretskort	8	Gängpressande jordad skruv som fäster kretskortet mot kapslingen.
Skruv, DIN-clips	1	Håller DIN-clipset på plats.
Spiralfjäder	1	Pressar upp DIN-clipset mot DIN-skenan.
Skruv, DIN-hake	2	Gängpressande skruv att skruva ihop Lynxen med. Den är även försedd med jordlob som tränger igenom lacken och skapar jordning mellan kapslingen och DIN-haken.
Frontetikett	1	Film som klistras fast på fronten och ger information om Lynxens frontkontakter och lysdioder.

2.5 Slutmontering av Lynx

Monteringenprocessen av Lynxens komponenter sker på följande vis:

1. De två kapslingshalvorna tas isär och placeras bredvid varandra.
2. De båda kretskorten "träs" på plats i respektive halva.
3. Kretskorten skruvas fast vid fyra punkter i vardera halva.
4. De båda kapslingshalvorna hakas i varandra i fronten och förs samman tills stiftkontaktarna på vardera kretskort nästan har kontakt med varandra.
5. M.h.a. det egentillverkade specialverktyget kallat "skohornet", trycks den ena stiftkontakten i linje med den andra så att kapslingen kan förslutas.
6. Den övre DIN-haken placeras i sitt utrymme på kapslingen och skruvas fast med en skruv på vardera sidan. Denna operation tillsluter även hela Lynxen.
7. Spiralfjädern placeras i det ingjutna spåret bak på kapslingen.
8. DIN-låset skjuts i dess position och skruvas fast.
9. Frontetiketten klistras på.
10. Kontaktetiketterna klistras på respektive plats.
11. Efter att produkten har testats och programmerats sätts eventuella fibersändtagare in.
12. Anslutningsplintarna till strömkontaktarna sätts dit.
13. Slutligen paketeras produkten med manualer och CD-skiva och förs in i lagret i väntan på leverans.

2.6 Krav på Lynx

Det finns vissa riktninglinjer att hålla sig till vid utvecklandet av ny mekanik till Lynx, både gällande mekaniken i sig, men även när det kommer till själva robotmonteringen. Förutom alla krav som ställs på Lynxens elektroniska funktioner, ställs det en hel del andra krav när det gäller operativa miljöer. Framför ställs det hårda krav på goda egenskaper gällande EMC. Beroende på vilken variant av Lynx som används ställs det olika EMC-krav. Oavsett variant är det viktigt att eftersträva en så kort delningslinje i kapslingen som möjligt. Dessutom ska kapslingsdelarna vara tätt sammanslutna för att få bästa kontakt mellan dem.

Jordningen är givetvis väldigt viktig, så ström måste kunna ledas från kretskorten och ut i DIN-skenan. Idag sker jordningen genom kretskorten via kapslingen och DIN-haken ut i DIN-skenan. Lynxen har kapslingsklassningen IP40, vilket betyder att kapslingen sluter tätt kring alla kontakter, det gäller att tänka på toleranserna. Storleken är viktig. Av Lynxens yttermått får endast bredden ändras om goda skäl ges.

När det kommer till robotmonteringen är det en del att tänka på. För att hålla nere inköpskostnaderna är det viktigt att ha så få ingående komponenter som möjligt, och de bör helst vara så lika som möjligt. Flera olika sorters skruvar i en och samma produkt är inte att föredra då de automatiska skruvdragarna är dyra. De ingående delarna bör även vara lätta att precisera och applicera vid monteringen, dessutom underlättar det om hela monteringen innehåller så få moment som möjligt.

3. Metod

Metoden som använts i detta arbete är nedanstående produktutvecklingsprocess som beskrivs i detta kapitel. Processen är tagen ur Ulrich & Eppinger [X], och resultaten går att läsa i kapitel 4.

3.1 Needfinding

Steg 1 i denna del av utvecklingsarbetet var att hitta behov, som eventuellt skulle få forma framtida modeller av företagets produktserie Lynx. Eftersom detta projekt riktade sig till en intern avdelning inom företaget, och inte till företagets slutkunder, fokuserades sökandet efter behov bland de interna avdelningarna. Framst bland personer tillhörande produktionen, men även bland personer tillhörande avdelningar som på andra sätt berörde produkten eller dess ingående komponenter.

Det fanns dock egenskaper och krav från den nuvarande produkten som var tvungna att uppfyllas av en eventuell ny modell för att möta behov från slutkunderna. Som exempel kan nämnas att alla godkända standarder gällande kapsling och elektronik var tvungna att uppfyllas, bl.a. olika standarder inom klassningarna *IP*, *DIN* och *EMC*.

För att leta fram de övriga behoven som fanns för Lynx-kapslingen genomfördes flera intervjuer och observationer med personalen från de olika avdelningarna som berörde produkten. De inblandade avdelningarna var:

- **Slutmonteringen**, där Lynxen sätts ihop och paketeras.
- **Produktionsledningen**, som har det övergripande ansvaret för företagets produktion och dess utveckling.
- **Marknadsavdelningen**, som sköter kontakten med distributörer slutkunder.
- **R&D (Research & Development)**, företagets utvecklingsavdelning.
- **Reparationsavdelningen**, som reparerar felaktiga produkter.
- **Inleveransavdelningen**, som tar emot och registrerar komponenter från företagets underleverantörer.

Intervjuerna gjordes i flera omgångar växelvis mellan varje avdelning, för att få fram behov av tillfredställande mängd. Vid dessa tillfällen ställdes frågor som: "Vad upplever du för problem med den nuvarande produkten?", och "Har du några önskemål kring utseendet och funktionen på produkten?". Svaren och önskemålen antecknades på plats, och dokumenterades sedan numeriskt och kategoriskt efter vilken avdelning de kom ifrån, för kommande bearbetning. Samtidigt som intervjuerna pågick observerades personalen i fråga för att se om det fanns s.k. dolda behov, d.v.s. behov som personalen inte uppfattat själva. Det togs även foton som kunde vara till nytta vid ett senare tillfälle.

En tredje metod som utövades var att själv praktisera i arbetet, främst i produktionslinan för att känna på arbetet med monteringen och därigenom få fram ytterligare behov. Arbetet med att hitta behov pågick koncentrerat under flera dagar för att få ut så mycket som möjligt. Efterhand dök det upp ytterligare behov som dokumenterades.

3.2 Need statements

När mängden rådata från de olika insamlingsmetoderna i steg 1 nått tillfredställande mängd, påbörjades steg 2, vilket gick ut på att bearbeta all rådata för att få dem på formen av lösningsneutrala behov. Som exempel översattes kommentaren "Man måste använda ett specialverktyg för att få i stiftkontaktorna i varandra", till det lösningsneutrala behovet "Stiftkontaktorna är enkla att montera ihop". Även dessa dokumenterades med samma numeriska siffra från förra steget för att i framtiden kunna spåra dessa till källan.

3.3 Hierarki

För att få en klarhet i vilka behov som var viktigare än andra och som skulle kunna fungera som vägvisare i utvecklingen av produkten, organiserades alla behoven i en hierarki, vilket var steg 3.

Varje behov skrevs ut på ett separat kort (storlek ca A6), med dess tillhörande rådata från intervjuerna med personalen för att förtydliga behovets uppkomst. Alla korten lades ut på ett tillräckligt stor bord för att få en lätt överskådning. Därefter togs alla dubletter bort. Kortet delades sedan in i grupper som hade någon typ av gemensam nämnare. Grupperna kunde bestå av allt från ett kort, upp till mer än tio stycken. Därefter sattes en titel för varje enskild grupp, som kunde vara ett av gruppens behov i sig, eller ett helt nytt.

När förarbetet var avklarat betygsattes varje kort efter kundens behov. Kunden i det här fallet var Westermos produktionsavdelning på företaget. För betygsättningen användes en skala från 0-3, där 0 är ej viktigt, till 3 som är kritiskt viktigt. Varje behov analyserades ett efter ett, och märktes med betyget det fick. När alla behov var betygsatta, noterades resultatet. Denna del i arbetet skedde med personer från utvecklingsavdelningen samt slutmonteringen.

3.4 Målspecifikation

För att få fram en målspecifikation användes behoven på nytt. Ur dem skapades mått med motsvarande enheter, t.ex. måttet *Vikt* med enheten *g* (gram). Vissa mått kunde inte få en mätbar enhet, t.ex. *Design*. Istället fick designen avgöras om den var godtagbar av en grupp bestående av Westermos grafiker och konstruktörer.

Det skapades så många mått att alla behov täcktes av minst ett mått. Vissa behov knöts till flera mått. Allt detta gjordes i ett Excel-blad (se bilaga 2) där varje mått först fick ett nummer i stigande led med start från 1 under kolumnen *Måttnummer*. Efter att ha fått ihop tillräckligt med mått med motsvarande enheter, knöts varje behov dessa mått och sattes in i kolumnen *Behovsnummer*. Efter kolumnen *Mått* lades graden av betydelse från hierarki-övningen till för att få bra översyn. Efter kolumnen *Enhet* lades kolumnerna *Marginalvärde* och *Idealvärde* till. Syftet med dessa kolumner är att ta fram värden att sträva mot för att i slutändan få fram en tillfredställande produkt.

Till sist lades kolumnen *Nuvarande värde* till, där syftet var att se hur Lynxen och produktionen uppför sig idag och samtidigt ha ett värde att relatera till när målen sätts upp. När strukturen på målspecifikationen var klar och de flesta värdena i

kolumnen *Nuvarande värde* var ifyllda, tillkallades gruppen för att sätta upp målen som den nya modellen skulle eftersträva. Om måtten och enheterna var dåligt formulerade eller rent av felaktiga, rättades de även till. Vissa mått fick värden som berodde av andra mått p.g.a. att de var svåra att uppskatta var och en för sig.

När alla värden som kunde fyllas i var ifyllda, avslutades övningen. De mått t.ex. *Design*, som inte kan tilldelas ett mätbart värde, lämnades för senare utvärdering.

3.5 Konceptgenerering

För att få en mer övergripande struktur över problembeskrivningen "Hur ska Lynx-mekniken designas om för att klara robotmontering?", delades det in i fem delproblem. De var *Kapsling, Jordning, Material, Fastsättning* och *Elektronikmontering*. De inledande konceptgenereringarna koncentrerades kring dessa fem delproblem, för att i ett senare skede kombinera ihop dem till mer detaljerade slutkoncept och förhoppningsvis ge en bild av hur problemet ska lösas i framtiden.

När arbetet kom till den punkt då CAD-verktyg behövdes för att skapa mer detaljerade lösningar och eventuellt avslöja vissa funktionsfel, skapades en viss namnstruktur för att underlätta i arbetet. Varje part eller del namngavs på formen X000_namn_00X enligt listan nedan.

- Kapsling = 1000_namn_00X
- Elektronikmontering = 2000_namn_00X
- Fastsättning = 3000_namn_00X
- Front = 4000_namn_00X

De första fyra siffrorna beskriver vilken typ av del, och de sista tre beskriver delens version i ordningen, t.ex. 1000_namn_001 beskriver den första versionen av en del som tillhör kapslingen. Att det är fyra siffror i början beror dels på att Westermos interna artikelnummersystem bygger på fyra plus fyra siffror, t.ex. 1000-1000. Vid namngivning av sammanställningar användes formen: Lynx_assm_00X.

Delproblemen behandlades olika vid generering av koncept. T.ex. delproblemet *Kapsling* behandlades inte på samma sätt som delproblemet *Material*, eftersom kapslingen bygger mycket på utseende, jobbades det mest med CAD. Materialet å sin sida begränsas mycket av de standarder och krav kring produktens prestanda, varav det här jobbades mer med rena fakta kring egenskaper, tillverkningsmetoder och ekonomi.

3.5.1 Benchmarking

Under arbetets gång genomfördes flera benchmarking-undersökningar för delproblemen, för att få uppfattningar om hur Lynxen och dess olika lösningar står sig mot konkurrenterna. Både interna och externa undersökningar genomfördes.

3.5.2 Kapsling

Kapslingen är kanske det mest kritiska av delproblemen, därför fokuserades det väldigt mycket kring den. Westermo påstår sig med Lynx ha den mest kompakta industriella switchen på marknaden. Med det påståendet gjordes en benchmarkingundersökning på konkurrenterna för att se om påståendet stämde. För att ta reda på vilka konkurrenter som finns kontaktades Westermos marknadsansvarige för Lynxserien, som redogjorde vilka de närmaste konkurrenterna var, för att sedan kolla upp dessa på internet och jämföra dessa mot Lynxen. Mest för att se om påståendet stämde, men även för att se hur de löst monteringen.

Eftersom det gäller stränga krav kring yttermått på Lynxen, skissades det på olika principer kring hur problemet skulle kunna lösas, d.v.s. hur kretskorten skulle kunna monteras på ett enkelt sätt och hur Lynxen sedan ska förslutas. Efter att tillfredställande bredd av principer och lösningar tagits fram gjordes en inledande utvärdering. Denna gång bestod gruppen endast av mig själv och en person med erfarenhet av mekanik från utvecklingsavdelningen. De olika lösningarna diskuterades igenom, främst kring deras funktion men även lite kring deras design. De mest lovande sorterades ut och utvecklades ytterligare.

Arbetet gick efter det in i en mer detaljerad fas, där NX användes för att få en mer exakt bild av kapslingens utseende och funktioner. De olika ingående delarna modellerades upp var för sig. Först i grova drag, sedan allt mer detaljerat för att kunna utläsa om de var fullt genomförbara när det gäller grundkraven. Steget efter det var att sätta ihop dessa för att få en någorlunda helhetsbild av hur en ny Lynxmodell skulle kunna se ut. M.h.a. detta möjliggjordes det att jobba vidare med ytterligare detaljer kring utseendet.

3.5.3 Jordning

Jordningen i Lynxen är kanske den allra mest kritiska funktionen som måste uppfyllas. Tanken är att det ska vara så kort väg som möjligt för strömmen att vandra från kretskorten och ut i DIN-skenan. Eftersom jordningen inte behöver vara en fysisk självständig del i sig, eftersträvades det att kunna implementera jordningen i någon eller några av produktens andra delar om möjligt för att inte öka antalet komponenter, och därav totala kostnaden för Lynxen.

3.5.4 Material

Materialet var ingen kritisk del av arbetet, zinklegeringen som används idag i kapslingen, DIN-haken och DIN-clipset skulle mycket väl kunna användas i en framtida modell då den är lätt att gjuta och kräver i stort sätt ingen efterbearbetning. Det undersöktes dock vad som skulle kunna vinnas med ett materialbyte. För de alternativa material som ansågs intressanta söktes basinformation, så som råmaterialpris, elektriska egenskaper och termiska egenskaper. Utifrån denna information gjordes tabeller där de olika materialens egenskaper jämfördes mot varandra.

3.5.5 Elektronikmontering

Elektronikmonteringen är en väldigt viktig och kritisk del i utvecklingsarbetet. I dagsläget är det denna del i monteringen som skulle leda till stora svårigheter för en industrirobot. Här föll tanken på att skapa en lösning som dels innebär enkel montering, och dels uppfyller de ställda jordningskraven. Inom Westermos produktsortiment finns flera olika lösningar på elektronikmontering. Lösningarna analyserades och de med potential togs med i det tidiga konceptstadiet som genomfördes med samma metod som användes för kapslingen. Efter en utvärdering sorterades de förslag med bäst potential ut för fortsatt utveckling.

Eftersom delproblemen *Elektronikmontering* och *Jordning* är nära sammanslutna p.g.a. jordningen genom kretskorten, slogs de här delproblemen samman under utvecklingsarbetets gång.

3.5.6 Fastsättning

Eftersom det inte fanns något behov av att kunna sätta fast produkten på ett annat sätt än på en DIN-skena, gjordes det till en början inga ansträngningar för att utveckla den delen. Dock uppstod det ett behov under arbetets gång att kunna minska eller ta bort det ingjutna spåret spiralfjädern ligger i.

Även för fastsättningen gjordes en intern benchmarking på DIN-låsningen då det florerar många olika produkter med olika lösningar inom Westermo. De olika varianterna fotograferades, analyserades och utvärderades med avseende på dels respektive funktion, d.v.s. hur pass väl de håller fast produkten på DIN-skenan, och dels enkelhet, d.v.s. hur lätta de är att sätta dit/ta bort från DIN-skenan. Med resultaten från den undersökningen ställdes frågan om någon av dessa lösningar var bra nog för en framtida modell av.

Det undersöktes även om det gick att förbättra eller ersätta de befintliga delarna i DIN-låsningen, främst den nuvarande spiralfjädern. Nackdelen med den befintliga lösningen är att den ligger i ett ingjutet spår bak på kapslingen, och stjälar då plats för kretskorten. Tanken var att få till en tunn fjäder i någon form av metalltråd. Vid generering av koncept för fastsättningen skissades det för hand på olika lösningar. Efter att tillräckligt många olika fästmetoder undersöktes gjordes en utvärdering på samma sätt som för kapslingen.

3.6 Val av koncept

För att se hur de båda koncepten stod sig mot varandra genomfördes en första enklare form av utvärdering med gruppen. Som referens användes den nuvarande modellen av Lynx. Urvalskriterierna togs från målspecifikationen, dock inte alla utan bara de som ansågs viktigast. Betygsättningen skedde m.h.a. "+", "0" och "-", och sattes relativt till referensen som fick alla sina betyg lika med 0. Genomförandet skedde på det viset att varje urvalskriterium diskuterades igenom ett i taget för varje koncept, och betygsattes tills dess att alla kriterier genomgåtts och en summering kunde genomföras. När summeringen var klar diskuterades resultatet.

Då denna utvärderingstyp inte alltid ger ett så exakt svar genomfördes ytterligare en utvärdering. Denna gång med viktade kriterier. För att få vikter på kriterierna fick varje deltagare sätta ut 1-3 på alla kriterier, d.v.s. 3 st. 3:or, 2 st. 2:or o.s.v. där högre siffra utgjorde viktigare kriterium. Summan av varje vikt multiplicerades sedan med betyget varje koncept fick i motsvarande kriterium. Efter att betygsättningen var klar gjordes en slutsummering.

4. Resultat

Här presenteras de resultat som framkommit ur detta arbete.

4.1 Needfinding-processen

Efter att ha intervjuat, praktiserat och dokumenterat summerades all rådata, d.v.s. de svar, önskemål och observationer som kom fram ur Needfinding-processen (steg 1), vilka upp gick till totalt 58 stycken behov. Efter bearbetningen i Need statement-processen (steg 2) där behoven omvandlades till lösningsneutral form, fick nu flera av dessa samma innebörd. Dessa blev sammanslagna, t.ex. de lösningsneutrala behoven:

- Mekaniken är fri från metallspån
- Mekaniken är fri från grader
- Mekaniken är fri från krökta kanter

blev sammanslagna till:

- Mekaniken är felfri från leverantör

Efter flera sammanslagningar var nu antalet lösningsneutrala behov nere i totalt 34 stycken. Steg 3 var att rangordna dessa behov i en hierarki, för att urskilja vilka som var mer betydelsefulla än andra, se bilaga 1.

4.2 Benchmarking

I undersökningen där konkurrenternas lösningar på kapslingen för liknande produkter som Westermos Lynx jämfördes, upptäcktes först att designen oftast var rätt kantig. Dessutom verkade konkurrenternas produkter vara större rent storleksmässigt. En annan upptäckt var att de flesta har valt att använda lösningen att låta produktens kontakter sticka ut ur dess front. Det var dock svårare att se hur de löst själva monteringen och hur de valt att montera kretskorten, då bara bilder fanns till hands. Slutsatsen av undersökningen var att det inte fanns någon lösning hos konkurrenterna som var av intresse att hämta inspiration från för att eventuellt kunna användas i koncept av Lynx.

4.3 Målspecifikationen

När behoven placerats in i målspecifikationen, fick de flesta mått ett behov var, se bilaga 2. Av de totalt 27 måtten fick sex st. två eller flera behov knutna till sig. Vissa behov kunde inte få ett mätbart värde, t.ex. "Design". Dessa fick utvärderas av en grupp senare vid utvärderingarna. Alla mått kan inte knytas direkt till projektet, t.ex. "Felfrihet vid montering" och "Antalet enheter/timma" beror mer av andra faktorer i produktionen än de som berör själva konstruktionen av mekaniken. Dock är de här måtten viktiga att ha med ändå så att en ny Lynx-modell inte försvårar på de nämnda delarna av monteringen. Dessutom kan dessa mått och behov ligga till grund för framtida arbeten.

För t.ex. måttet "Antalet enheter/timma" baserades marginalvärdet på den del i monteringsprocessen som tar längst tid, vilket i det här fallet är programmeringen som tar ca 5 minuter. Det ger då 12 stycken enheter/timma och en cykeltid på just 5 minuter. Vissa mått är svåra att bestämma exakt då de beror av cykeltiden. Gemensamt för dem är dock att den totala tiden för dem får inte överstiga cykeltiden. Flera av de mått och mål som sattes upp kommer att användas som avgörande kriterier vid en konceptutvärdering.

4.4 Konceptgenereringen

Här följer resultaten från konceptgenereringen. Dessa är indelade i de olika delproblemen.

4.4.1 Kapsling

Från början fanns tre olika typer av grundidéer eller möjliga lösningar. De var om kapslingen skulle bestå av *en*, *två*, eller *flera* delar. Att kapslingen skulle bestå av endast en del är det mest optimala ur EMC synpunkt, men väldigt svårt om ens möjligt att genomföra. Den idén förkastades snabbt. De två andra blev då kvar, *två delar*- samt *flera delar*. Ur idén med två delar bildades fyra olika koncept, och ur idén med flera delar bildades ett koncept.

Nästa steg var att sortera ut dessa totalt fem koncept och välja ett eller flera att utveckla vidare. Med kapslingens strikta yttermått i höjd (100 mm) och djup (96 mm), samt utformningen på kretskorten, kunde flera alternativ sorteras bort. Kombinationen av kapslingens yttermått och kretskortens storlek leder till att det blir få ställen där kapslingen kan fästas ihop. Därav föll tre av fyra koncept av lösningen med två delar bort. Däremot ansågs det enda konceptet från lösningen med flera delar ha tillräckligt med potential för att utvecklas vidare.

Ur det kvarstående konceptet från lösningen med två delar bildades fyra nya varianter, medans den enda konceptet från lösningen med flera delar kvarstod. Efter diskussion där kapslingens yttermått samt kretskortens storlek togs i beaktning kunde tre av de fyra koncepten från lösningen med två delar sorteras bort, medan det enda konceptet från lösningen med flera delar kvarstod.

Det ena konceptet från lösningen med två delar kallad *Två halv* var inspirerat från en annan produkt i Westermos sortiment. Den var dessutom väldigt lik utseendet på nuvarande Lynxens kapsling. Det andra konceptet från lösningen med flera delar, kallad *Separata* skapades utifrån det faktum att endast en av kapslingens totalt sex sidor varierar för de olika Lynx-varianterna. Vilket är framsidan där kontaktportarna sticker ut. Dessa två koncept *Två delar* och *Separata* ansågs intressanta att utveckla vidare och kombinera med koncept från de andra delproblemen.

4.4.2 Material

Materialet kan få en inverkan på Lynxens operativa funktioner då Lynxen ska klara tuffa industriella miljöer. Aluminium har t.ex. bättre värmeledningsförmåga och elektrisk ledningsförmåga än zink som används i den nuvarande Lynxen. Däremot har aluminium sämre elasticitetsmodul och högre smältpunkt. Det senare innebär av Westermos tidigare erfarenhet att ett mer motståndskraftigt gjutverktyg som tål högre temperaturer måste användas, med en högre investering som följd. Eftersom

arbetet främst riktar sig på designen av Lynxen, och att en verifiering av olika materialegenskapers påverkan på Lynxens operativa funktioner är ett stort arbete i sig, valdes det att inte fördjupa sig närmare i ämnet denna gång.

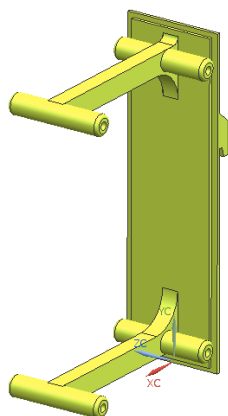
4.4.3 Elektronikmontering och jordning

Det genererades fram tre olika koncept när det gäller att fästa kretskorten. Det första var genom samma metod som används idag, d.v.s. att fästa direkt på kapslingen. Det andra hämtades från Westermos produktserie *Red Fox*, där kretskorten träs in i spår, och m.h.a. specialdesignade fjädrar pressas mot kapslingen och på så sätt skapar jordning. Det tredje konceptet bygger på att de båda kretskorten fästs i en ram, som i sin tur fästs samman med kapslingen.

Av de tre olika koncepten sorterades genast *Red Fox*-lösningen bort, då den lösningen är svårmonterad och dessutom inte lämpad för Lynx-kretskortens utformning. Fjädrarna kräver ett utrymme i sidled som inte finns tillgängligt hos Lynxen. De andra två koncepten ansågs lovande, det ena med vetskapen att det fungerar eftersom lösningen redan används, och det andra p.g.a. dess goda jordningspotential.

Ganska snabbt tillämpades lösningen med fästningen direkt på kapslingen på kapslingskonceptet *Två halvor*, och fick i ju med det i stort sätt samma utseende som den nuvarande Lynxen. Monteringslösningen med en ram kombinerades i sin tur med kapslingskonceptet *Separata*, som efter sammanslagningen döptes om till *Separata + ram*.

Flera olika lösningar på ramar ritades upp och diskuterades, se figur 6. En lösning som ansågs bra var att kombinera ramen med DIN-haken, och på så vis få riktigt bra jordningen. Samtidigt blev det möjligt att tillsluta Lynxen på annat vis än den nuvarande lösningen, genom att använda en centrumskruv istället. Av de olika *ram*-lösningarna beslöts det att den bästa vägen att gå är att utforma en ram som inte tar upp allt för mycket utrymme, för att få flexibilitet för framtida konstruktioner av kretskort.

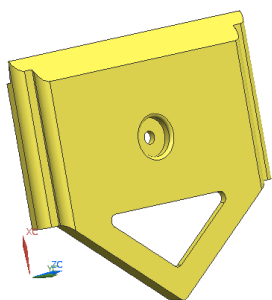


Figur 6. Exempel på ram.

4.4.4 Fastsättning

Flera förslag på olika DIN-låsningar arbetades fram. Flera av dem byggde på samma princip som dagens modell där en fjäder används för att pressa DIN-clipset mot DIN-skenan. Ett annat förslag var att använda en magnet som ligger mot DIN-skenans undre del. Det förslaget sållades dock bort då Lynxen skall klara att operera i skakiga miljöer. En magnet ansågs inte vara tillräckligt tillförlitlig när det gäller att hålla Lynxen på plats.

Gällande olika fjäderlösningar fanns det ett behov av att få bort det spår fjädern låg i. Tanken föll på att använda sig av en mycket bredare men plattare typ av fjäder, som en böjd tråd. Av de förslag som skissades upp visade sig en typ ha potential för att kunna fungera, vilket beskrivs i kapitel 4.5 Prototyper. Den platta fjädern innebär att den nuvarande designen på DIN-clipset kan användas, dock med vissa modifieringar, se figur 7. Den måste fräsas ur på insidan för att fjädern ska få plats. Dessutom har designen på DIN-clipset ändrats. På den delen är det tänkt att en skruvmejsel eller liknande ska användas för att trycka ner låsningen med och på så sätt frigöra Lynxen. Dagens lösning funkar på samma sätt, men det är svårt att få grepp med en skruvmejsel.

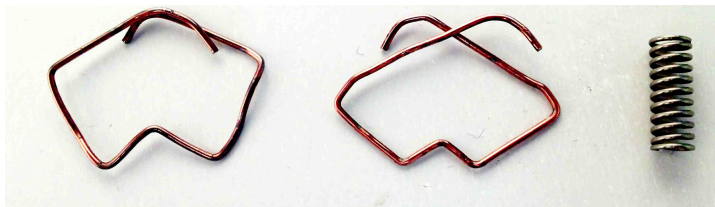


Figur 7. Koncept på DIN-clips.

DIN-clipset ska kunna röra sig mellan två utgjutningar på baksidan av ramen, som utgör stopp i vertikalt led, medan de båda "klackarna" på baksidan av sidorna utgör stopp i horisontellt led. På så vis kan DIN-clipset bara röra sig i en viss längd i vertikalt led som det är tänkt.

4.5 Prototyper

För att få en känsla av funktionen på den nya DIN-fjäders gjordes enkla prototyper av gem se figur XX nedan. Först böjdes de till raka trådar m.h.a. tänger, sedan efter bästa förmåga och ögonmått böjdes de till formen enligt figur 8 nedan.



Figur 8. Till vänster och mitten; Prototyper på platta fjädrar. Till höger; Nuvarande spiralfjäders till DIN-låsningen. Spiralfjäder är 15 mm lång och har en diameter på 5,5 mm.

Konceptet med centrumskruv har en stor potential rent lösningsmässigt. Dels ersätts två skruvar i bakänden på nuvarande Lynxen med en enda i mitten, samt att Lynxen skruvas ihop från endast en sida, vilket borde underlätta vid monteringen. För att testa funktionen gjordes en enkel prototyp där ett hål borrades i lockdelen på nuvarande kapslingen precis ovanför det hål som sitter mest centralt i bottendelen. Locket sattes på plats och skruvades åt med den nuvarande specifikationen på moment för Lynxen, d.v.s. 1.2 Nm. När kapslingen var åtskruvad analyserades resultatet. Bl.a. kollades det efter inbuktningar på sidorna, och dessutom testades det att dra isär de båda delarna för att få en känsla av hur pass hårt kapslingen hade förslutits.

Denna centrumskruv kan även täckas över med ett specialdesignat klistermärke med 3D-effekt, se figur 9. Det fungerar på det viset att när det tas bort, förstörs det för att visa att någon har försökt ta sig in i Lynxen, och på så vis är det lättare att hantera garantifall. Den skulle kombinera funktionerna av ett snyggt designat märke som representerar företaget, samt fungera som en garantiplombering.



Figur 9. Exempel på klistermärken med 3D-effekt.

Med nuvarande Lynxen förekommer det problem med att kunder tar sig in i den utan att veta att stiftkontaktarna måste sättas ihop med ”skohornet”. Stiftens kröks då till och Lynxen slutar att fungera. När den sedan når reparationavdelningen är det då svårt att avgöra om felet inträffade innan produkten lämnade fabriken, eller om kunden själv orsakat problemet. Lösningen med centrumskruv i kombination med ett klistermärke skulle då motverka detta.

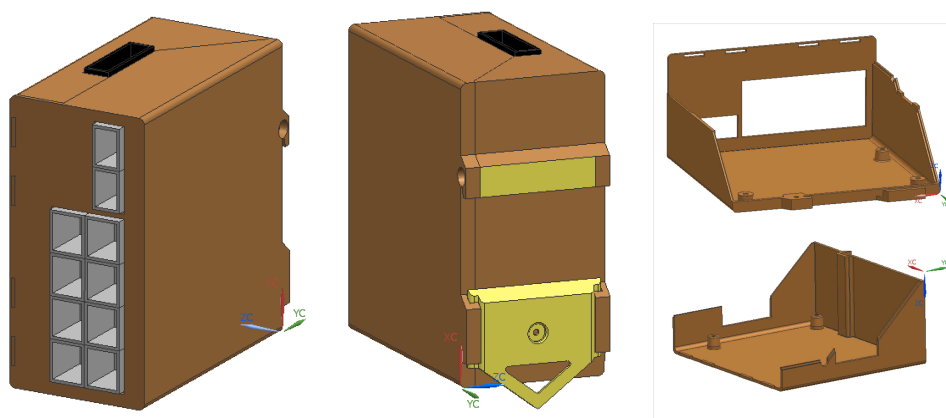
4.6 De två koncepten

Sätt till utseendet är de båda koncepten snarlika den nuvarande Lynxen, mycket p.g.a. de hårt satta kraven på yttermått. Däremot har det skett lite förändringar invändigt. M.h.a. en plattare fjäder ska en inbuktning där den nuvarande spiralfjädern ligger plockas bort, och på så vis frigöra mer yta för kretskorten. Konceptet *Separata + ram* har fått ytterligare mer utrymme då inbuktningen för DIN-haken tagits bort, då DIN-haken nu sitter ihop med ramen. Nedan följer beskrivningar på koncepten samt hur tanken har gått kring hur de ska monteras ihop.

4.6.1 Två halv

Konceptet *Två halv* liknar väldigt mycket den nuvarande modellen av Lynx, se figur 10. Den stora skillnaden är delningslinjen mellan de två halvorna. Det nya konceptet har på den bakre delen en diagonal delningslinje sett antingen uppifrån eller nedifrån. Tanken är att switchkortet ska monteras i bottenhalvan genom endast enkla raka translationer, där switchkortet placeras uppifrån och ner tills det vilar på kapslingens fästdistanser. Kretskortet med kontaktportarna skjuts sedan in i fronten till dess att hålbilden på distanser och switchkortet stämmer överens. Efter det skruvas det fast. Det gäller att det inte finns några kretsar placerade minst 5 mm innan fästhålen sett framifrån, då den ytan kommer vila på distanserna.

Powerkortet placeras i ovanhalvan rakt uppifrån och ner på kapslingens distanser, och skruvas fast. Därefter tas hela sektionen och placeras ovanför bottenhalvan. Ovanhalvens hakar hakas i bottenhalvans hål och sänkts ned till dess att stiftkontaktarna nästan möts. Specialverktyget *skohornet* pressar den ena kontakten mot den andra och kapslingshalvorna förs samman. Därefter placeras DIN-haken på dess plats och skruvas fast. Samma gäller för DIN-clipset med den platta fjädern.

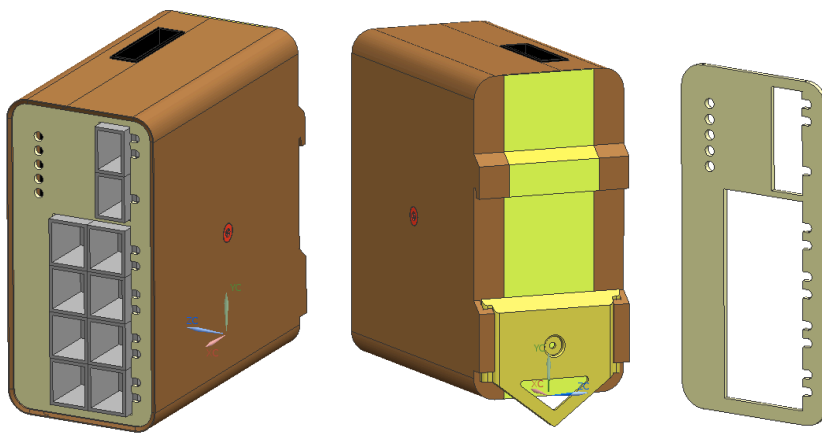


Figur 10. Konceptet *Två halv*.

4.6.2 Separata + ram

Detta koncept skiljer sig helt från det andra, se figur 11. Det bygger på det faktum att det är endast framsidan som varierar i produktserien. Genom att ha en platt separat front, kan lagringsutrymme frigöras samt ta bort kostnader för de gjutkärnor som idag formar fronten på den nuvarande Lynxen. Nästa nya del är ramen som förbättrar jordningen.

I stället för att montera de båda kretskorten direkt på kapslingen, monteras de på en ram från varsitt håll, och skruvas fast. Därefter monteras den separata fronten och de båda sidorna. Fjäders och DIN-clipset skruvas dit, och hela produkten skruvas ihop med en skruv i mitten. Den yta som frigjordes i samband med användandet av en plattare fjäder, kommer delvis att tas upp av de hål i kretskorten som behövs för centrumskraven.



Figur 11. Konceptet *Separata + ram*.

4.7 Val av koncept

För att få en bekräftelse på om de båda koncepten går att montera m.h.a. en industrirobot kontaktades en person med god kunskap i ämnet. En presentation gjordes av de båda koncepten, om hur de var uppbyggda och hur tanken gått kring monteringen av dem. Dessutom visades även ett exemplar av den nuvarande modellen och dess ingående mekanik.

Det bekräftades att de båda koncepten är fullt möjliga att robotmontera. De är även lättare ätt robotmontera än den nuvarande modellen, som bedömdes vara möjlig men väldigt svår p.g.a. tillvägagångssättet att applicera switchkortet samt få ihop stiftkontaktarna i varandra.

Konceptet *Två halv* var bra på det sättet att monteringen troligtvis inte innehöll lika många moment som konceptet *Separata + ram*. Däremot var det tveksamt hur pass lätt det blir att fixera switchkortet. Eftersom det är fasta sidor går det inte att använda sig helt av gripdon, utan sugkoppar i kombination med något fixeringsverktyg behövs för att få switchkortet på plats. Alternativt är att använda sig av ett hål i mitten på kretskortet, som tillsammans med bakre ändan fungerar som grepppunkter. Tre olika sorters skruvar innebär dyr investering i automatiska skrivdragarsystem. Helst ska variationen av skruv kortas ner.

Fördelarna med konceptet *Separata + ram* var att stiftkontaktarna monteras rakt i varandra, och att här kunde gripdon användas för att fixera kretskorten. Däremot innebär detta koncept troligtvis fler moment i monteringen, vilket ökar monteringstiden.

Resultatet från den första konceptutvärderingen kan ses i bilaga 3. Där kan utläsas att totalpoängen blev lika tack vare att de båda konceptens "+" och "-" tog ut varandra. Konceptet *Separata + ram* fick fler "+" än *Två halv*, men den hade även fler "-". Denna utvärdering gav inget resultat som kunde leda till att ett vinnande koncept kunde utses.

Till den andra konceptutvärderingen tillkom ett kriterium "Kvalitetssäkerhet", medan en annan togs bort, nämligen "Jordning". Jordningen är så pass viktig att om den inte kan uppfyllas till en viss grad är konceptet inte tillräckligt bra. Resultatet av utvärderingen kan ses i bilaga 4. Trots att det ena konceptet fick fler poäng än det andra går det inte att utse en vinnare p.g.a. att det är så pass många faktorer som måste granskas i detalj. Dels måste EMC-egenskaper och robustheten testas på fullskaliga prototyper. Flera ekonomikalkyler måste göras på bl.a. en monteringslösning med robot, fixturer och tillbehör för att se vilket av koncepten som är lönsammast i längden.

5. Diskussion

Innan arbetet satte igång anade jag att det inte skulle bli så stor lösningsrymd att röra sig inom när det gäller att hitta på olika lösningar. De stränga yttermåttens begränsar lösningsmöjligheterna en hel del, desamma gäller kretskorten då kontakterna skjuts in i fronten.

Resultaten visar att det går att få till en ny mekanik som är anpassad för robotmontering, men däremot redovisas inga värden i detta arbete på konceptens exakta egenskaper. Främst gäller det de viktiga EMC-egenskaperna, men även när det gäller att se konceptet ur det ekonomiska perspektivet. Utan kostnadskalkyler på investeringar av maskiner, samt vad det innebär för hanteringskostnader för respektive koncept, kan inte ett vinnande koncept utses. En positiv aspekt är att de båda koncepten kan tillämpas över hela Lynx-serien, och inte bara på den modellen med störst tillverkningsvolym.

Med facit i hand skulle kanske de behov som inte berörde mekaniken i Lynx ha tagits bort och inte behandlats. Tänker främst på behov som t.ex. "Kunden klarar sig utan CD-skiva" och "Testprogrammen är alltid uppdaterade med korrekt information". De behoven berör inte mekaniken i Lynx, däremot kan det vara nyttig information för Westermo. Koncepten på DIN-låsningarna för de båda bör nog ses över ytterligare, främst den platta trådfjäders. Vid utvärderingen visade det sig att just denna del på Lynxen kan innebära dyra automatiseringslösningar då flera moment krävs för att applicera den.

En annan fråga som kan ställas är om det hade varit bättre att ha haft två möten angående robotmontering? Ett precis i början på arbetet där en allmän bild av robotmontering tagits upp, och ett som det i slutet där koncept presenteras och utvärderas. Då hade vissa slutsatser kunnat dras direkt, t.ex. att stiftkontakten innebär stora fixeringsproblem och bör bytas ut, samt att flera olika typer av skruvar innebär höga investeringskostnader i tillbehör.

6. Slutsatser och framtida arbeten

Att döma av konsulteringen kring robotmontering av koncepten, är de båda fullt lämpliga. Exakt vilka svårigheter som finns och vad de innebär för kostnad är svårt att avgöra i dagsläget. Vissa detaljer på Lynxen kan behöva ses över i framtiden för att underlätta en montering, bl.a. stiftkontakten som kräver noggrann precision vid monteringen. Förmodligen måste en ny typ av kontakt arbetas fram, särskilt om Westermo väljer att gå vidare och sätta konceptet *Två halv* i produktion.

Ett av grundkraven på koncepten var minst lika goda EMC-egenskaper som den nuvarande Lynx-modellen, främst när det gäller jordningen. För att få fram dessa egenskaper krävs att koncepten i form av prototyper testas i labb. Ett vinnande koncept kan inte utses utan att sådana noggranna tester har genomförts.

En annan väldigt viktig faktor vid robotmontering är att alla ingående delar i Lynxen ska vara felfria när de når monteringen. Idag kan dessa rättas till av montören själv, men en robot har inte lika lätt att upptäcka eventuella fel hos de ingående delarna. En komponent som ligger lite snett kan innebära ett stopp i monteringen. För att komma till rätta med det här i framtiden måste avsyningen av kretskorten bli noggrannare, det gäller även leveranskontrollen av komponenter från underleverantörer.

För att i framtiden kunna få till alla dessa nya krav och förändringar som ställs vid DFA på ett smidigt och effektivt sätt, krävs en bra och utarbetat utvecklingsprocess. Aspekter kring robotmontering måste i framtiden blandas in tidigt i utvecklingsarbetet.

Det är svårt att avgöra vilket av de två koncepten som innebär minsta investering, eller överlag vilket som är mest ekonomisk med tanke på alla faktorer som måste räknas in. Än är det en lång väg kvar innan Westermo kan investera i en robotanläggning. Det viktigaste är att Westermo tar lärdom av de erfarenheter som fått in samband med detta arbete. Främst när det gäller DFA, som kan bli det område att lägga störst vikt på i framtiden när tillverkningsvolymerna ökar. Inte bara när det gäller framtida modeller av Lynx utan även andra produkttyper i sortimentet.

7. Referenser

1. Khan, Z., (2008). Design for assembly, *Assembly Automation*, **28**(3), 200-206
2. Wikipedia. (2013). *Deutsches Institut für Normung*
Hämtat från: <http://en.wikipedia.org/wiki/Deutsches_Institut_für_Normung>
3. Wikipedia. (2013). *DIN rail*.
Hämtat från: <http://en.wikipedia.org/wiki/DIN_rail>
4. Wikipedia. (2013). *Industrial robot*.
Hämtat från: <http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_robot>
5. Wikipedia. (2013). *Elektromagnetisk kompatibilitet*.
Hämtat från: <http://sv.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisk_kompatibilitet>
6. Wikipedia. (2013). *IP Code*.
Hämtat från: <http://en.wikipedia.org/wiki/IP_Code>
7. Ulrich, K. och Eppinger, S., (2012). *Product Design and Development*. 5 uppl., New York, USA: McGraw-Hill. ISBN: 978-007-108695-0

Bilaga 1.

Behovs nr.	Betydelse	Behov
Monteringsprocessen är effektiv		
1	*	Produkten är enkel att montera
2	**	Kretskorten sitter på plats innan de fästs fast
3	**	Produkten innehåller liknande komponenter
4	**	Stiftkontaktarna är felfria vid montering
5	***	Komponenterna innehåller hållbara gängor
6		Små komponenter är enkla att montera
7	***	Kretskorten är fria från mönsterkortsrester
8	***	Komponenterna har bra hållbarhet vid montering
9	***	Produkten är billig att montera
Mekaniken uppfyller alla tidigare mekaniska krav		
10		Produkten har flexibel fästning
11	***	Mekaniken har bra kylgenskaper
12		Mekaniken är relativt lätt
13	***	Produkten är väl jordad
Produkten är enkel att reparera		
14		Produkten är enkel att öppna vid reparation
15		Insidan av produkten är oåtkomlig för kunderna
16	*	Produkten är fri från grader efter skruvar
Tillverkningen av mekaniken är gynnsam		
17	*	Produkten har kontakter på så få sidor som möjligt
18	**	Mekaniken är billig att tillverka
Mekaniken är lätt att lagerhantera		
19	***	Mekaniken är felfri från leverantör
20		Mekaniken tar liten lagerplats
Produkten har en flexibel utformning		
21	**	Produkten har en tilltalande design
22	***	Mekaniken har en kompakt utformning
23	**	Produkten är enkel att montera på/av
24	*	Produkten innehåller de senaste kontaktarna
25	**	Mekaniken är robust
Produkten kan testas och programmeras effektivt		
26	**	Produkten är enkel att installera i testrigg
27	***	Testningen av produkten är automatiserad
28	*	Produkten går snabbt att programmera
29	*	Testprogrammet visar <u>vart</u> det har gått fel i testet
30	***	Testprogrammen är alltid uppdaterade med korrekt information
Den färdiga produkten är enkel att paketera		
31	**	Produkten kräver ingen speciell ytterkartong
32		Kunden klarar sig utan CD-skiva
33		Paketeringen innehåller färre manualer
34	***	Den färdiga produkten är enkel att paketera


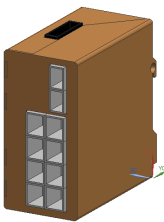
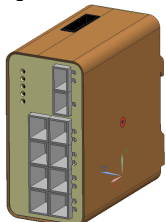
Bilaga 2.

Måtnr.	Behovsnr.	Mått	Betydelse	Enhet	Marginalvärde	Idealvärde	Nuvarande
1	1,6,10,14,15,23	Enkelhet	1	Subj.			
2	2	Tolerans vid montering	2	mm	0,5	<=0,2	
3	3	Antal olika monteringskomponenter	2	Subj.			
4	4,5,7,16,19	Felfrihet vid montering	3	%	99,9%	100%	
5	5,8	Komponenthållbarhet	3	Subj.			
6	9	Monteringskostnad/enhet	3	SEK	100kr	0kr	164 kr/Lynx
7	1,9	Antalet enheter/timme	2	st	12	>12	7,5 st/h
8	10	Fästordningar som stöds	0	Lista	DIN-skena	DIN-skena, skruv	DIN-skena
9	11	Operativ temperatur	3	°C	74	100	70
10	12	Vikt	0	gram	500	200	500g(kapsling)
11	13	Jordning	3	Lista	Idag	Idag	
12	14	Tid för öppning av produkt	0	s	120	40	ca 40s.
13	17	Antalet sidor med kontakter	1	st	3	3	3 st
14	18	Kostnad/enhet för mekanik	2	SEK	55	44	
15	20	Antalet enheter/pall	0	st/pall	200-500	200-500	200-500st
16	21,22	Design	3	Subj.			
17	22	Höjd x Bredd x Djup (Yttermått)	3	mm	100x52,5x96	Ökad bredd	100x52,5x96
18	24	Flexibilitet för kontakter	1	Subj.	Gjutkärnor	Billigare alt.	
19	25	Robusthet	2	Subj.	Idag	Idag	
20	26	Installations tid	2	s	Inom cykeltiden*	kortare än marg.	13 (mont. kabl)
21	27	Automatik	3	Ja/nej	Ja	Ja	
22	28	Programmeringstid	1	s	Inom cykeltiden*	kortare än marg.	10 (mont. kabl)
23	29,30	Tydlighet	2	Subj.	Alltid uppdaterad	Alltid uppdaterad	
24	31	Typ av ytterkartong	2	Lista	Idag	Inom sortimentet	Lynx-kartong
25	32	Slutkunden klarar sig utan CD-skiva	0	Ja/nej	Nej	Ja	
26	33	Antalet manualer	0	st	2-3	1	2-3 st
27	34	Tid för packetering	3	s	Inom cykeltiden*	kortare än marg.	ca 40 s.


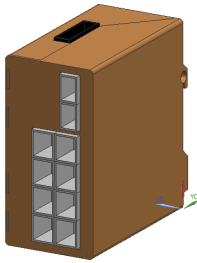
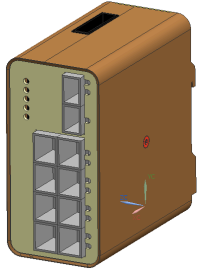
*Tiden för gällande operation får ta så lång tid så att inte marginalvärdet på antalet enheter/timme äventyras,

d.v.s. summan av operationerna för mått nr. 20,22 och 27 får inte ta längre tid än 5 min.

Bilaga 3.

	Koncept		
	Nuvarande modell (Referens)	Två halvor	Separata + ram
			
Urvalskriterier			
Enkel att tillverka	0	0	-
Enkel att robotmontera	0	+	+
Enkel att hantera (lagra, m.m.)	0	0	-
Flexibel utformning	0	0	0
Design	0	-	+
Monteringskostnad/enhet (billigare = +)	0	+	+
Materialkostnad/enhet (billigare = +)	0	-	-
Jordning	0	0	+
Robusthet	0	0	-
Summa (+)	0	2	4
Summa (0)	9	5	1
Summa (-)	0	2	4
Total poäng	0	0	0

Bilaga 4.

		Koncept					
		Nuvarande modell		Två halvvor		Separata + ram	
							
Urvalskriterier	Vikt	Betyg	Viktad poäng	Betyg	Viktad poäng	Betyg	Viktad poäng
Enkel att tillverka	1,1,1 (3)	3	9	3	9	2	6
Enkel att robotmontera	3,3,3 (9)	1	9	3	27	3	27
Enkel att hantera (lagerhantering, m.m.)	3,2,1 (6)	3	18	3	18	4	24
Flexibel utformning	2,1,1 (4)	3	12	3	12	4	16
Design	2,2,2 (6)	3	18	3	18	4	24
Monteringskost./enhet	3,3,3 (9)	0	0	3	27	2	18
Materialkostnad/enhet	3,1,1 (5)	3	15	3	15	3	15
Robusthet	2,2,2 (6)	3	18	3	18	2	12
Kvalitetssäkerhet (garanti, m.m.)	3,2,1 (6)	3	18	3	18	2	12
	Total poäng	117		162		154	