



CHALMERS

Förstudie av en automatiserad materialinmatning

Preliminary study of an automatic material charging

Examensarbete inom mekatronik

JOHAN EKSTRÖM

FÖRORD

Denna förstudie har gjorts av Johan Ekström som ett examensarbete på högskoleingenjörnivå vid Chalmers tekniska högskola med start i mars 2015. Examensarbetet omfattar 15 hp av mekatronikingenjörutbildningens totala 180 hp.

Projektet är utfört på uppdrag av Uddeholms AB i Hagfors som är en världsledande leverantör och tillverkare av verktygsstål med säljbolag över hela världen.

Jag vill tacka Björn Ahlqvist, Ola Axelsson och Martin Sandin som varit handledare på Uddeholms AB för att de tagit sig tid och gett stöd under arbetet. Jag vill också tacka min handledare på Chalmers; Morgan Osbeck, för den hjälp jag fått med rapport och presentation med mera.

SAMMANFATTNING

För att kunna effektivisera materialflödet genom stegbalksugnen, där stålämnen förvärms innan varmvalsning, arbetar Uddeholms AB med att automatisera inmatningsprocessen till ugnen. Man vill även reducera värmeförluster i form av strålning som uppstår till följd av brister i inmatningsluckans konstruktion. För att närmare kunna studera dessa önskemål har inmatningsprocessen delats upp i fyra delar: uppläggning, separering, transport och inmatningslucka. Även lämpliga styrsystem har undersökts. Arbetet är avgränsat till att vara en förstudie och presenterar inte detaljerade konstruktioner. Förstudien presenterar lösningsförslag till delprocesserna och hur de kan kombineras med varandra. Resultaten har tagits fram på ett strukturerat tillvägagångssätt med hjälp av specifikationer och urvalsmatriser. Denna urvalsprocess kan med fördel användas vid fortsatt arbete och analys. Sjutton lösningsförslag till de fyra delprocesserna togs fram genom brainstorming. Antalet lösningsförslag minskades till åtta vid eliminering. Dessa åtta kombinerades sedan i en morfologisk matris där sex alternativ på helhetslösningar skapades. Alternativen namngavs med A till F. Alternativ E och F ansågs vara fördelaktiga att vidareutveckla då de erhöll bäst betyg i en Pugh-matris.

ABSTRACT

In order to create a more effective flow of material through the walking beam furnace, before hot rolling, Uddeholms AB is trying to automate the material charging process of the furnace. They would also like to reduce heat losses in the form of radiation that occurs as a result of the placement and construction of the charging door. To study the problems in a more detailed way the charging process has been divided into four sub-processes: tray, separation, transportation and charging door. A suitable control system has also been investigated. The project is demarcated to be a preliminary study and therefore detailed constructions are not being presented. Ideas that could be solutions to the four sub-processes and how they can be combined to a main solution are being analysed in this work. In order to assemble these possible solutions and to compare them to each other specifications and matrices has been advantageous. This method is recommended to use in further work. Seventeen solutions for the four sub-processes were generated through brainstorming. The number of solutions was reduced to eight by elimination. These eight were then combined to six alternatives by using a morphological matrix. The alternatives were named A to F. Alternative E and F were considered favourable for further development as a result of their high rating in the Pugh matrix.

Innehållsförteckning

BETECKNINGAR.....	1
1. INLEDNING	2
1.1 BAKGRUND.....	2
1.2 SYFTE	2
1.3 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNING.....	3
1.3.1 Pålastningsmagasin	3
1.3.2 Separeringsfunktion.....	3
1.3.3 Transportbana in till ugn	3
1.3.4 Lucka för inmatning.....	3
1.3.5 Styrning av systemet.....	3
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	3
2. TEORETISK REFERENSRAM.....	4
2.1 PROCESS- OCH PRODUKTUTVECKLINGSMETODIK	4
2.1.1 Kravspecifikation.....	4
2.1.2 Funktionsträd och funktionsanalys.....	4
2.1.3 Brainstorming.....	4
2.1.4 Elimineringsmatris.....	4
2.1.5 Morfologisk matris.....	5
2.1.6 Pugh-matris	5
2.2 STÅLTILLVERKNING	5
2.2.1 Verktygsstål	5
2.2.2 Elastisk och plastisk deformation	6
2.2.3 Valsning	6
2.2.4 Förvärmning.....	6
2.2.5 Stegbalksugn	7
2.2.6 PLC	7
3. METOD	8
4. KONSTRUKTIONSFÖRSLAG	9
4.1 FUNKTIONSBESKRIVNING.....	9
4.1.1 Flödesbeskrivning.....	9
4.1.2 Funktionsträd.....	10
4.2 KRAVSPECIFIKATION.....	11
4.2.1 Projektkrav.....	11

4.2.2 Generella krav.....	12
4.2.3 Krav delprocess 1.....	12
4.2.4 Krav delprocess 2.....	13
4.2.5 Krav delprocess 3.....	13
4.2.6 Krav delprocess 4.....	13
4.3 BEFINTLIG OFFERT	14
4.4 BRAINSTORMING	14
4.4.1 DP1 (Magasin/uppläggingsplats).....	14
4.4.2 DP2 (Separering).....	16
4.4.3 DP3 (Transport till inmatningslucka).....	20
4.4.4 DP4 (Inmatningslucka).....	21
4.5 ELIMINERINGSMATRIS	22
4.5.1 Kommentarer till elimineringsmatris	24
4.6 MORFOLOGISK MATRIS	25
4.7 PUGHMATRIS	32
4.8 VIDAREUTVECKLING	34
5. AUTOMATISERING.....	35
5.1 BEFINTLIGT STYRSYSTEM	35
5.2 FÖRSLAG PÅ NYTT STYRSYSTEM	35
6. RESULTAT.....	36
6.1 UTVÄRDERING AV DELPROCESS 1.....	36
6.2 UTVÄRDERING AV DELPROCESS 2.....	36
6.3 UTVÄRDERING AV DELPROCESS 3.....	36
6.4 UTVÄRDERING AV DELPROCESS 4.....	37
6.5 UTVÄRDERING AV STYRSYSTEM	37
7. DISKUSSION	38
7.1 FORTSATT ARBETE	38
REFERENSER	39

BETECKNINGAR

- Allotrop – Strukturer av grundämnens atomer.
- CPU – Processor.
- Dislokationer – Defekter i kristallstrukturen.
- Heta – Varmt stålämne (800-1300°C).
- PLC – Programable Logic Controller.
- Slabs - Ämnen med rektangulärt tvärsnitt.
- I/O – Ingångar och utgångar.

1. INLEDNING

Nedan följer inledande del där projektets syfte, frågeställningar och avgränsningar beskrivs.

1.1 Bakgrund

Värmebehandling av olika typer av metalliska material, i varierande storlek, innan stångvalsning sker i en stegbalksugn. Stegbalksugnen i stångvalsverket vid Uddeholms AB har anpassats för driften vid ett flertal tillfällen, bland annat år 2013 då nya naturgasbrännare tillsammans med ett nytt brännarstyrssystem installerades, men saknar i nuläget viktiga funktioner.

En betydande svaghet hos ugnen är att trycket är svårt att kontrollera då oönskad luft kan strömma fritt genom ugnen. Detta på grund av brister i inmatningsmomentet då luckan, där stålämnen matas in, inte kan stängas helt. Stålningsförlusterna och inflöde av luft gör det svårt att hålla önskad temperatur i ugnen.

För att köra ugnen krävs två personer där en sköter inmatningen och en sköter utmatning samt temperaturkontroll.

1.2 Syfte

Syftet är att minimera värmeförluster vid ugnens inmatning och på så sätt erhålla ett bättre och stabilare materialflöde genom ugnen, samt att uppnå en högre kostnadseffektivitet genom att minska erforderlig arbetsinsats.

Projektet skall generera ett material som skall ligga till grund för förfrågningsunderlag till potentiella leverantörer. Det skall framgå tekniska lösningsförslag på momenten för intransport av material i ugnen och förslag på hur styrningen kan utformas.

1.3 Precisering av frågeställning

Funktionen som efterfrågas är att inmatning av material skall kunna utföras autonomt med minskade värmeförluster. Följande moment/delprocesser skall analyseras och utredas i förhållande till nya lösningsförslag:

1.3.1 Pålastningsmagasin

Hur kan material läggas upp för att anpassas till autonom körning då skiftgående personal inte finns på plats?

1.3.2 Separeringsfunktion

Hur skall material separeras och läggas upp med rätt avstånd för inmatning till ugn och vidare hantering.

1.3.3 Transportbana in till ugn

Hur skall material transporteras från där det separerats till ugnens inmatningslucka?

1.3.4 Lucka för inmatning

Hur kan inmatningsluckan anpassas för att minimera strålningsförluster och inflöde av luft?

1.3.5 Styrning av systemet

Vilket PLC-system är lämpligast att använda för inmatningsprocessen?

1.4 Avgränsningar

På grund av begränsade resurser i form av tid beaktas inte materialval, hållfasthetsberäkningar, riskanalyser och miljöaspekter för konstruktionerna i projektet.

Arbetet är en förstudie och resulterar inte i en färdig lösning. Lösningsförslagen kommer ej vara detaljkonstruktioner utan skall ses som övergripande idéer.

Förslag på PLC-styrningen kommer ej ges på programnivå. Enbart lämpliga styrsystem och kommunikation kommer att studeras.

2. TEORETISK REFERENS RAM

Nedan beskrivs urvalsprocesser som förekommer i arbetet och tekniska termer som har en betydande roll inom stålindustrin.

2.1 Process- och Produktutvecklingsmetodik

2.1.1 Kravspecifikation

En kravspecifikation är en lista med sammanställda krav. Det kan vara krav på hur ett arbete skall genomföras, generella funktionskrav eller mer specifika krav på delfunktionsnivå. Även mindre strikta krav kan tas med som önskemål.

En genomtänkt kravspecifikation är viktig i ett projekt för att alla inblandade parter ska dela samma uppfattning om vilka krav och önskemål som finns. Kravspecifikationen är också en viktig referens vid kvalitet- och funktionalitetstest för att jämföra hur nära lösningen kom den satta målsättningen.

2.1.2 Funktionsträd och funktionsanalys

För att dela upp en process i olika funktioner kan ett funktionsträd användas. Funktionsträdets hierarkistiska uppbyggnad beskriver vilka delfunktioner och/eller underfunktioner som finns i varje process.

Efter uppdelningen analyseras varje delfunktion och ges därefter en teknisk beskrivning som ligger till grund för vidare arbete.

2.1.3 Brainstorming

Brainstorming är en metod som används för att förutsättningslöst generera idéer. Här skall ej hänsyn tas till krav och önskemål utan alla relevanta förslag skall beaktas och dokumenteras för vidare analys.

2.1.4 Elimineringssmatris

Denna metod används för att minska antalet lösningsförslag till en mer hanterbar nivå. Elimineringen görs med avseende på huruvida förslaget löser problemet, om kraven uppfylls och om lösningen är realiserbar, samt andra kriterier som kan vara av intresse.

Elimineringsmatrisen görs lämpligen som ett Excel-dokument där alla lösningsförslag ställs upp i listform och ges betyg med avseende på ovan nämnda kriterier.

2.1.5 Morfologisk matris

En morfologisk matris används för att kombinera olika delösningsförslag till en helhetslösning. Detta görs genom att ställa upp lösningsförslag till varje delprocess i tabellform för att sedan hitta möjliga alternativ av kombinationer som kan tänkas vara en helhetslösning.

2.1.6 Pugh-matris

Pugh-matrisens syfte är att urskilja de bästa helhetskoncepten att arbeta vidare med. Varje koncept analyseras och ges ett betyg för var och ett av de uppsatta kriterierna. Betygen kan vara oviktade eller viktade beroende på kriteriernas betydelse. Betygen summeras sedan och ett resultat växer fram.

Det är viktigt att bedömningen och betygsättningen sker på ett neutralt sätt utan att främja ett tillsynes bättre alternativ.

2.2 Ståltillverkning

2.2.1 Verktygsstål

Verktygsstål är en stålgrupp framtagen för tillverkning av pressverktyg eller verktyg för skärande bearbetning. Tillverkningen sker under noga kontrollerade former. Kolhalten i verktygsstål ligger mellan 0,7 % och 1,5 % och önskvärt är ett lågt innehåll av mangan för att minska risken för sprickbildning vid härdprocessen (1). Värmebehandling av dessa stål är viktigt för att erhålla tillräckligt god kvalitet. Genom att variera sammansättningen och värmebehandlingen kan verktygsstål tillverkas i en rad olika kvalitéer för att passa olika ändamål.

Vanliga användningsområden för verktygsstål är t.ex. formar för plastgjutning där en viktig faktor är att nötning inte får inträffa då formen ska hålla samma form även vid höga kvantiteter. Till pressverktyg och skärande bearbetningsverktyg används ofta ett verktygsstål med högre kolhalt.

2.2.2 Elastisk och plastisk deformation

Elastisk och plastisk deformation är båda två egenskaper som utnyttjas inom stålindustrin. Deformation utan att materialet brister är möjlig hos majoriteten av material i fast form. Vid elastisk deformation återgår ämnet till sitt ursprung medan det vid plastisk deformation erhåller en ny form.

Plastisk deformation uppstår när så kallade dislokationer i materialet flyttar sig längs med atomplan (glidplan). Antalet dislokationerna ökar efter en plastisk deformation vilket medför att materialet blir svårare att deformera. Detta kallas deformationshårdnande. Hög grad av dessa deformationer leder till så kallade sega brott eftersom dislokationerna blir för många (2).

2.2.3 Valsning

Plastisk deformation av stål åstadkoms ofta genom valsning där ämnet passerar mellan två roterande valsar. Stål kan både kallvalsas och varmvalsas. Skillnaden är att vid kallbearbetning ökar antalet dislokationer i materialet som medför nya egenskaper medan det vid varmbearbetning sker en rekristallisation. Vid varmvalsning görs en plastisk deformation av stålet för att ändra dess inre egenskaper och form.

Innan valsning har stål ofta en oregelbunden och ostrukturerad sammansättning av korn som bildats vid tillverkningen. Bindningarna mellan atomlagren är i det läget relativt svaga och kan leda till defekter i materialet. Varmvalsning bryter dessa bindningar och stålet får en mer strukturerad sammansättning med starka bindningar och korngränser, vilket leder till ett starkare och mer hållbart material (3).

2.2.4 Förvärmning

Stål består av en blandning av järn och kol. Järnatomernas sammansättning bildar kristaller som kan förekomma i olika strukturer; ferrit och austenit. Ferrit är järnets ursprungliga allotrop vid rumstemperatur. Austenit bildas när järn värms över ca 910°C. Övergången från ferrit och austenit rekristalliserar kornstrukturen i stålet och kornen blir mindre. Mindre korn resulterar i en bättre struktur. Fortsatt värmning av stålet efter rekristalliseringen kommer att öka kornstorleken igen.

Vid valsning är det dock nödvändigt att värma stålet en bit över strukturövergångs-temperaturen så att hela valsprocessen kan utföras utan behov av återuppvärmning. Vanligt är att värma stålet till som mest ca 100°C under smältpunkten för att säkerställa att valsning kan ske vid tillräckligt hög temperatur (4).

2.2.5 Stegbalksugn

En vanlig typ av ugn för uppvärmning av stål innan varmvalsning är stegbalksugnen. Namnet stegbalksugn kommer från att längsgående balkar rör sig i en fram- och bakåtgående rörelse inne i ugnen. Stålstängerna, som ligger tvärs över balkarna, lyfts av balkarna och förflyttas stegvis parallellt framåt genom hela ugnen (5). På ugnens båda kortsidor finns det dörrar som kan öppnas och stängas vid in- och utmatning av material. Inne i ugnen finns det fyra värmezoner som succesivt värmer stålet till dess rätta valsningstemperatur.

Vid inmatning läggs först materialet manuellt i en separerare som placerar en stång i taget på en rullbana. Stängerna transporteras till inmatningsdörren där de lyfts vidare in i ugnen av stegbalkarna.

2.2.6 PLC

PLC står för Programmable Logic Controller och är ett, inom industrin och automationsvärlden, ofta använt typ av styrsystem. Ett PLC består till huvudsak av en programmerbar CPU som via in- och utsignaler styr inkopplade applikationer. Vanligtvis finns även möjlighet till kommunikation via olika typer av fältbussar.

3. METOD

I detta avsnitt beskrivs arbetsgången för projektet. Det ska ge en översyn på vilka metoder som används och varför de används.

För att få en bredare kunskapsgrund inom stålindustrin inleds arbetet med att studera faktaböcker om olika stålsorter, dess tillverkningsprocesser och dess egenskaper. Eftersom en stegbalksugn för uppvärmning av stålämnen skall studeras är det viktigt att förstå den delen i processkedjan, det vill säga vad ugnens syfte är samt hur uppvärmningen påverkar stålet. Även de urvalsprocesser och matriser som skall ligga till grund för urvalet av idéer och löningar längre fram skall studeras. Detta för att vara förbered och för att arbetstakten inte skall trappas av.

En lämplig indelning av delfunktioner utförs med hjälp av att skapa ett funktionsträd utifrån både rådande frågeställning och ugnens uppbyggnad. Med funktionsträdet som grund sammanställs en kravspecifikation genom att samla in data och fakta från instruktionsböcker, ritningar och datablad. Kravspecifikationen fylls på med nya krav och önskemål efter samtal med handledare och operatörer.

En befintlig offert på en automationslösning kommer finnas att tillgå redan vid projektets början. Offerten kommer att studeras noga för att få ytterligare insikt i problematiken och för att få en uppfattning om var de största kostnaderna finns. Samtal kommer därefter att föras med kontaktpersoner på företaget som tagit fram offerten.

Första steget i utvecklingsfasen är att generera idéer för varje delfunktion med hjälp av brainstorming. Alla relevanta och intressanta idéer antecknas och sparas för vidare analys. De mest potentiella delösningsidéerna kommer sedan att filtreras ut med hjälp av en elimineringsmatris. Kvarvarande förslag, efter eliminering, kombineras i en morfologisk matris för att skapa fungerande helhetslösningar som i sin tur värderas mot den befintliga offerten i en Pugh-matris. På så sätt utses den bästa helhetslösningen på problemet.

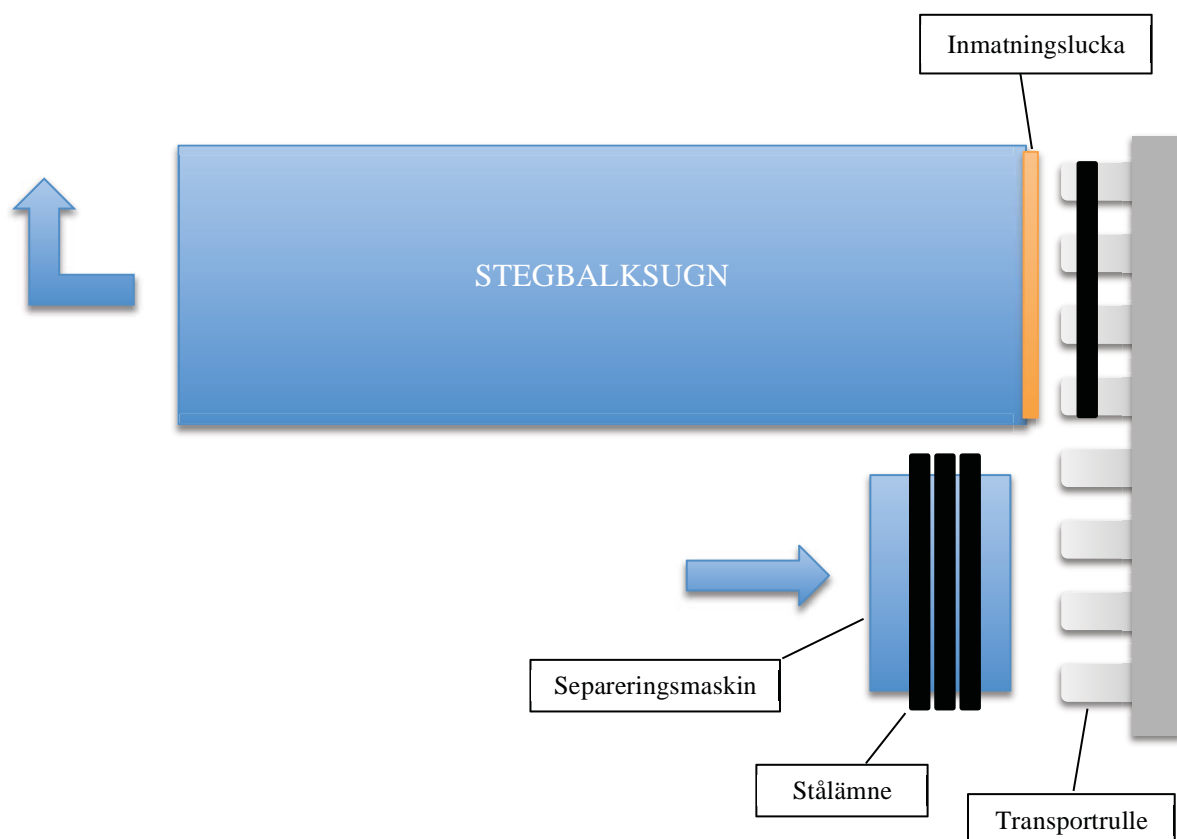
4. Konstruktionsförslag

4.1 Funktionsbeskrivning

Här beskrivs processens flöde och uppdelning till delprocesser. Flödesbeskrivningen visar, med en förenklad skiss, hur materialets väg fram till, genom och ut från stegbalksugnen ser ut i dagsläget. Funktionsträdet illustrerar uppdelningen av den studerade processen och hur delprocesserna hänger ihop.

4.1.1 Flödesbeskrivning

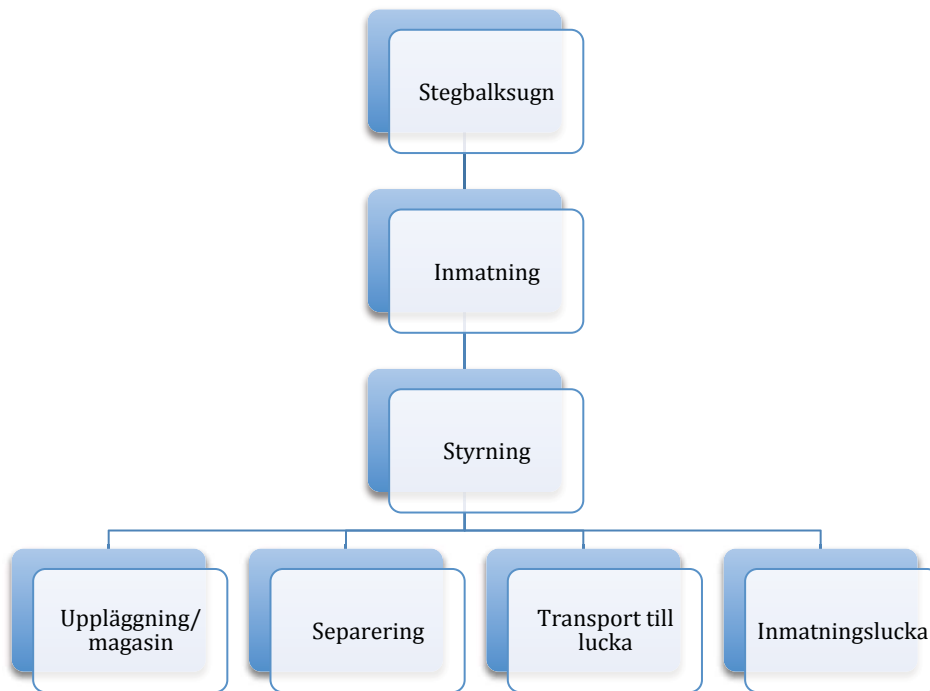
Den befintliga materialinmatningen till ugnen går till som så att knippen med stänger lastas i en separeringsmaskin med hjälp av en travers med lyftok och kättingar. En stång i taget placeras, av separeringsmaskinen, på rullar som förflyttar stången till ugnens kortsida där inmatningsluckan sitter. Luckan lyfts upp och stången plockas upp och förs in i ugnen av stegbalkarna.



Figur 1. Materialflöde vid befintligt utförande av ugn.

4.1.2 Funktionsträd

För att få klarhet i vad som skulle utredas delades problemet in i mindre delar med hjälp av ett funktionsträd. Funktionsträdet illustrerar att det huvudsakligen finns fyra delprocesser för materialinmatningen till stegbalksugnen samt att alla delprocesser skall styras och övervakas av ett PLC-system.



Figur 2. Funktionsträd för materialinmatningsprocess.

4.2 Kravspecifikation

Kravspecifikationen är uppdelad i sex delar:

- Krav på examensarbetet.
- Generella krav som gäller för alla processer.
- Specifika krav på delprocess 1.
- Specifika krav på delprocess 2.
- Specifika krav på delprocess 3.
- Specifika krav på delprocess 4.

K står för krav och måste uppfyllas, till skillnad från Ö som står för önskemål och som inte nödvändigtvis behöver uppfyllas. Alla krav och önskemål är framtagna tillsammans med handledare på Uddeholms AB.

4.2.1 Projektkrav

Första steget till en kravspecifikation var att lista de krav som skulle gälla arbetet i sin helhet. Denna specifikation listar krav på vad arbetet skall leda till samt dess tidsomfattning.

Projektkrav			
Utfärdare: Johan Ekström		Skapad: 070415 Modifierad: 210415	Sid 1
Kravnr.	K/Ö	Krav	
1	K	Projekttiden skall vara 10 läsveckor	
2	K	Godkänd planeringsrapport	
3	K	Godkänd projektrapport	
4	K	Godkänd presentation och försvar av examensarbetet vid examensarbetsredovisningen	
5	K	Godkänd opposition på ett annat examensarbete	
6	K	Närvaro vid två andra examensarbetsredovisningar	
7	K	Fullgjorda eventuella programspecifika obligatoriska moment	
8	K	Följa Chalmers policy för akademisk hederlighet	

Tabell 1. Kravspecifikation för projektarbetet.

4.2.2 Generella krav

Med kännedom av rådande problemformulering och uppdelning av delprocesser skapades sedan ett första utkast till en kravspecifikation på funktionsnivå. Denna kravspecifikation består av fem delar där en del innehåller generella krav gällande för varje delprocess medan de resterande fyra är en kravlista för varje enskild delprocess. En fullständig kravspecifikation växte fram under projektets gång då alla krav inte var självklara vid start.

Generella krav			
Utfärdare: Johan Ekström		Skapad: 150415 Modifierad: 210415	Sid 1
Kravnr.	K/Ö	Krav	
9	K	Alla installationer skall vara CE-märkta	
10	K	Alla installationer skall följa Maskindirektivet	
11	Ö	Separata offerter för varje delprocess	
12	K	Längre driftstopp max en gång per år	
13	K	Förebyggande underhåll skall kunna utföras under drift	
14	K	Alla installationer skall rymmas i lokalen	
15	Ö	Ljudnivån får ej överstiga 80 dB(A)	
16	K	Hantera material med B=85-310 H=85-100 L=2800-4200	

Tabell 2. Kravspecifikation med generella krav.

4.2.3 Krav delprocess 1

Krav: Magasin/uppläggningsplats			
Utfärdare: Johan Ekström		Skapad: 150415 Modifierad: 210415	Sid 1
Kravnr.	K/Ö	Krav	
17	K	Arbetet skall kunna utföras av en operatör	
18	K	Transport mellan magasin och separering skal ske autonomt	
19	Ö	Hela sekvensen skall vara autonom	
20	Ö	Rymma material för 15 h körning (150 ton)	
21	K	Klara materialets tyngd	

Tabell 3. Kravspecifikation för delprocess 1.

4.2.4 Krav delprocess 2

Krav: Separering			
Utfärdare: Johan Ekström		Skapad: 150415 Modifierad: 210415	Sid 1
Kravnr.	K/Ö	Krav	
22	K	Separering skall ske autonomt	
23	K	Sortera 10 ton/h	

Tabell 4. Kravspecifikation för delprocess 2.

4.2.5 Krav delprocess 3

Krav: Transport till inmatningslucka			
Utfärdare: Johan Ekström		Skapad: 150415 Modifierad: 210415	Sid 1
Kravnr.	K/Ö	Krav	
24	K	Klara värmestrålning från öppen lucka (även vid driftstörning)	
25	K	Transport skall ske autonomt	

Tabell 5. Kravspecifikation för delprocess 3.

4.2.6 Krav delprocess 4

Krav: Inmatningslucka			
Utfärdare: Johan Ekström		Skapad: 150415 Modifierad: 210415	Sid 1
Kravnr.	K/Ö	Krav	
26	K	Fiberinfodring	
27	K	Skall hålla ugnstryck	
28	K	Luckans öppentid skall minimeras	

Tabell 6. Kravspecifikation för delprocess 4.

4.3 Befintlig offert

Redan innan arbetets början hade Uddeholms AB fått en offert på ett lösningsförslag från ett tyskt företag som tillverkar och utvecklar industriugnar.

Denna offert ansågs ha bra potential men en för stor kostnad för företaget. Efter att ha samtalat med det tyska företaget stod det klart att den största besparingen kunde göras på separeringsprocessen. Den föreslagna lösningen var en icke tidigare beprövad metod som skulle innebära en stor risk eftersom funktionssäkerheten inte kunde garanteras.

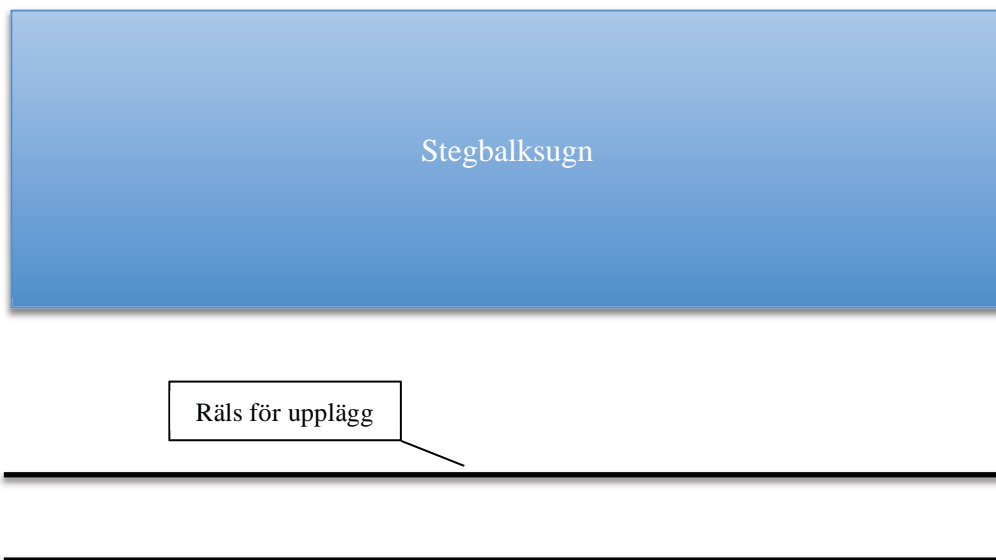
4.4 Brainstorming

Nedan listas de idéer som genererats i brainstormingfasen. För enkelhetens skull och av praktiska skäl förkortas delprocess till DP och lösningsförslag till LF.

4.4.1 DP1 (Magasin/uppläggningsplats)

DP1LF1:

Använda befintlig räls på marknivå.



Figur 3. Skiss på DP1LF1.

DP1LF2:

Uppläggningsbord på ugnens långsida.



Figur 4. Skiss på DP1LF2.

DP1LF3:

Uppläggningsbord på ugnens kortsida.



Figur 5. Skiss på DP1LF3.

DP1LF4:

Inte använda någon uppläggningsplats. Beställt material hanteras omgående.

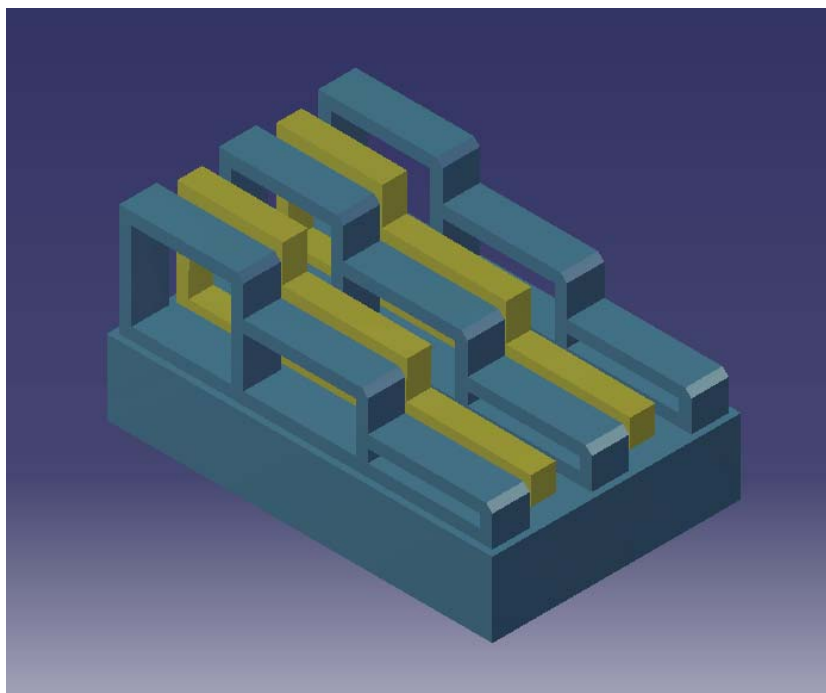
4.4.2 DP2 (Separering)

DP2LF1:

Separera materialet manuellt med hjälp av t.ex. magnet och travers.

DP2LF2:

Separeringsmaskin från befintlig offert. Två balkar rör sig med en stegrörelse och förflyttar på så sätt stängerna framåt tills de faller ner över en kant och separeras. Separeringen sker i tre steg.

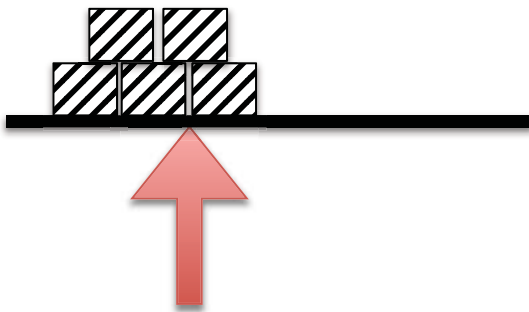


Figur 6. CAD-modell på DP2LF2.

DP2LF3:

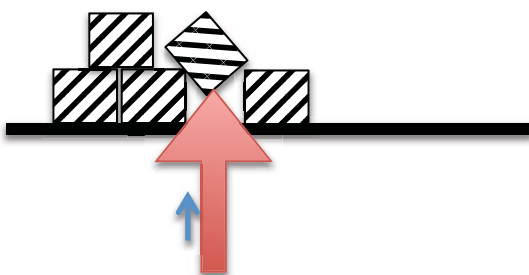
Kilformad separerare som kan förflyttas i vertikal och horisontell led. Den vertikala rörelsen delar upp knippet med stänger och den horisontella rörelsen skjuter fram den urskilda stängen.

Steg 1: Positionera separeringskilen vid närmsta stång.



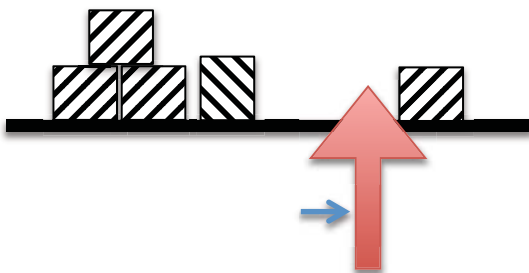
Figur 7. Skiss på DP2LF3 (steg 1).

Steg 2: Separeringskilen förs i vertikal riktning och knippet delas.



Figur 8. Skiss på DP2LF3 (steg 2).

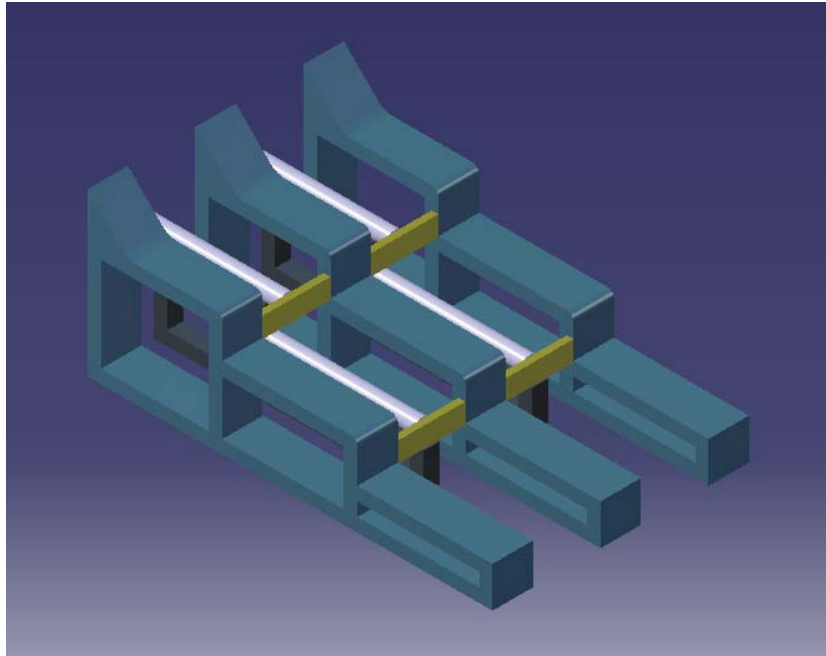
Steg 3: Stången skjuts horisontellt vidare till nästa delprocess.



Figur 9. Skiss på DP2LF3 (steg 3).

DP2LF4:

Stängerna skjuts fram av cylindrar monterade i horisontell riktning. Två cylinderpar finns fördelade på två nivåer. Översta planet är ett avlastningsplan vid iläggning av material.



Figur 10. CAD-modell på DP2LF4.

LF5:

Robotcell med vision-system som plockar översta stängen från ett knippe.



Figur 11. ABB robotics_packing furniture panels (ABB, 2015). Återgiven med tillstånd.

LF6:

Använda befintlig separerare. Ett knippe med stänger läggs i en V-formad ämnesficka. Medbringare lyfter sedan en stång i taget över kanten och vidare till inmatningsrullarna.



Figur 12. Befintlig separeringsmaskin i stångvalsverket, Uddeholms AB. Författarens egen bild.

LF7:

Separera stängerna på samma sätt som görs i Uddeholms götvalsverk. Ett flertal stänger skjuts fram i horisontell led med hjälp av medbringare tills de faller ner i ett V-format fack. Ur facket separeras stängerna då de lyfts upp av två andra medbringare.



Figur 13. Separeringsmaskin i Götvalsverket, Uddeholms AB. Författarens egen bild.

4.4.3 DP3 (Transport till inmatningslucka)

LF1:

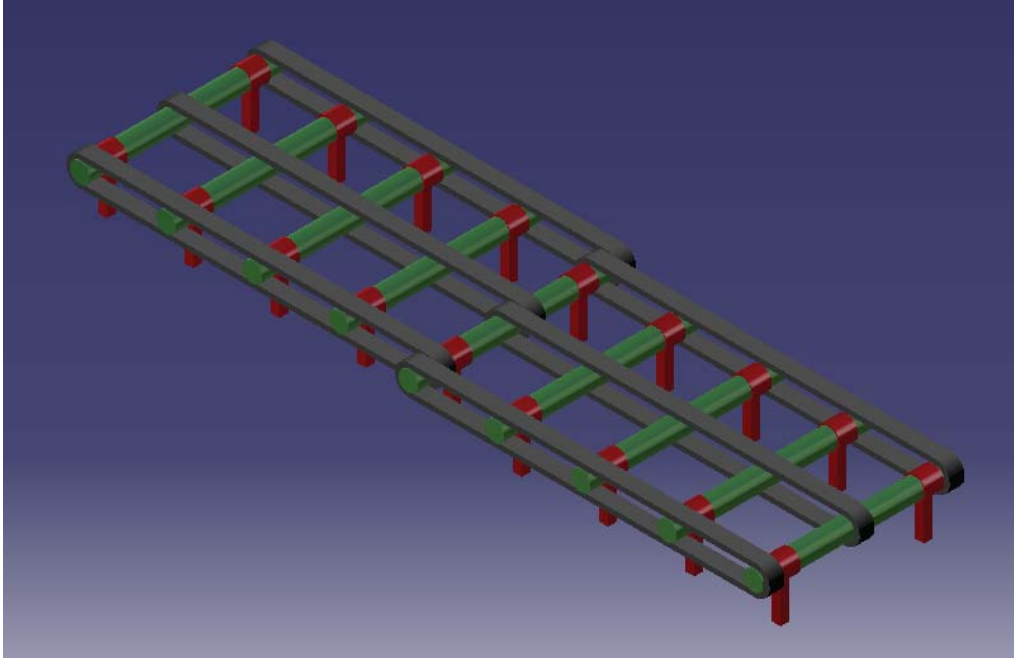
Ingen transport. Förutsätter att separering sker vid inmatningslucka.

LF2:

Manuell transport av stängerna med hjälp av travers.

LF3:

Transportband efter ugnens långsida. Uppdelat i sektioner för att ge möjlighet att justera mellanrummet mellan stängerna.



Figur 14. CAD-modell på DP3LF3.

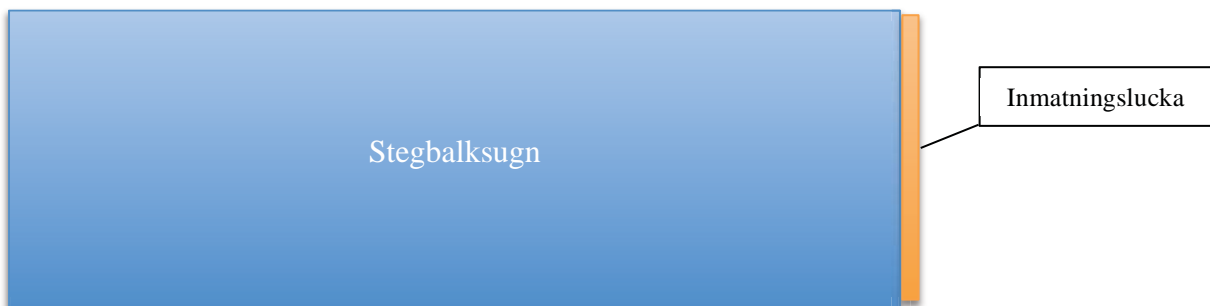
LF4:

Robotcell (samma som DP2LF5).

4.4.4 DP4 (Inmatningslucka)

LF1:

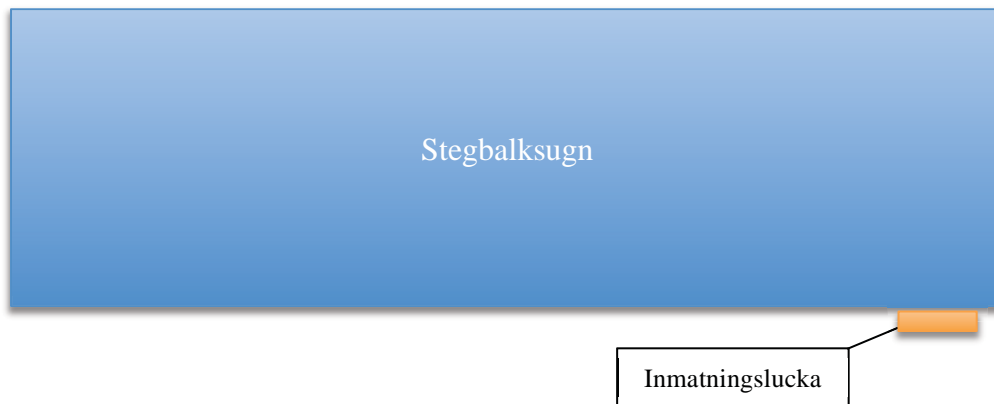
Använda befintlig lucka.



Figur 15. Skiss på DP4LF1.

LF2:

Förlänga ugnen och installera en ny mindre lucka på ugnens långsida.



Figur 16. Skiss på DP4LF2.

4.5 Elimineringsskema

Nedanstående elimineringsskema går ut på att betygsätta alla lösningsförslag utifrån viktiga kriterier som:

- A. Löser förslaget huvudproblemet?
- B. Uppfyller lösningen kraven i kravspecifikationen?
- C. Kan lösningen realiseras?
- D. Kommer lösningen rymmas inom kostnadsramen?
- E. Är lösningen säker och ergonomisk?
- F. Passar lösningen företaget i fråga?
- G. Finns det tillräckligt med information?

Ett beslut tas om lösningsförslaget skall elimineras. Beslutet grundas på hur lösningen uppfyller elimineringsskema. Extra intressanta lösningar fullföljs även om vissa kriterier inte uppfylls eller om mer information krävs.

Elimineringsmatris									
Utfördad av: Johan Ekström			Skapad: 200415 Modifierad: 190515					Sid 1	
	Elimineringskriterier						Beslut		
	(+) Ja						(+) Fullfölj lösning		
	(-) Nej						(-) Eliminera lösning		
	(?) Mer information krävs						(?) Sök mera information		
	(!) Kontrollera kravspec						(!) Kontrollera kravspec		
	A: Löser huvudproblemet								
	B: Uppfyller alla krav								
C: Realiserbar									
D: Inom kostnadsramen									
E: Säker och ergonomisk									
F: Passar företaget									
G: Tillräcklig info finns									
Lösning	A	B	C	D	E	F	G	Kommentar	Beslut
DP1LF1	+	-	+	+	+	+	+		-
DP1LF2	+	+	+	+	+	+	+		+
DP1LF3	+	-	+	+	+	+	+		-
DP1LF4	-	-	+	+	+	-	+		-
DP2LF1	-	-	+	+	-	+	+		-
DP2LF2	+	+	+	-	+	+	-		+
DP2LF3	+	+	+	?	?	+	-		-
DP2LF4	+	+	+	?	+	+	-		+
DP2LF5	+	-	-	-	+	+	+		-
DP2LF6	-	-	+	+	+	+	+		-
DP2LF7	+	+	+	+	+	+	+		+
DP3LF1	?	+	+	+	+	+	+		+
DP3LF2	+	-	+	+	-	+	+		-
DP3LF3	+	+	+	+	+	+	+		+
DP3LF4	+	-	-	-	+	+	+		-
DP4LF1	+	+	+	+	+	+	+		+
DP4LF2	+	+	+	+	+	+	+		+

Tabell 7. Elimineringsmatris.

4.5.1 Kommentarer till elimineringsmatris

DP1LF1: Uppfyller ej krav 18.

DP1LF2: Uppfyller alla kriterier.

DP1LF3: Uppfyller ej krav 14.

DP1LF4: Löser inte uppgiften med ett autonomt materialflöde och passar därför inte företagets önskemål. Uppfyller ej krav 19.

DP2LF1: Löser inte uppgiften med en autonom separering då inte krav 22 uppfylls. Manuell separering är mindre ergonomiskt.

DP2LF2: Lösningen är kostsam och oklarheter kring funktionen finns. Lösningen tas ändå med för att användas som referens i fortsatt urval.

DP2LF3: För lite information finns om kostnad och säkerhet.

DP2LF4: Finns ej tillräcklig info angående kostnad. Lösningen anses ändå vara intressant för fortsatt urval.

DP2LF5: Kostnadsramen medför en begränsad lyftkapacitet och då en mindre lösning ej klarar önskad belastning uppfylls inte krav 16.

DP2LF6: Klarar ej att separera autonomt och uppfyller därför inte krav 22.

DP2LF7: Uppfyller alla kriterier.

DP3LF1: Oklart om förslaget löser huvudproblemet. Är beroende av övriga delprocesser.

DP3LF2: Manuell transport av material är mindre ergonomiskt. Uppfyller ej krav 25.

DP3LF3: Uppfyller alla kriterier.

DP3LF4: Elimineras på samma grund som DP2LF5.

DP4LF1: Uppfyller alla kriterier.

DP4LF2: Uppfyller alla kriterier.

4.6 Morfologisk matris

De förslag på dellösningar som går vidare ur elimineringsmatrisen ställs nu upp i en morfologisk matris. I denna kombineras olika dellösningar med varandra genom att det till varje delprocess väljs en dellösning. På så sätt skapas flera varianter av helhetslösningar (A till F).

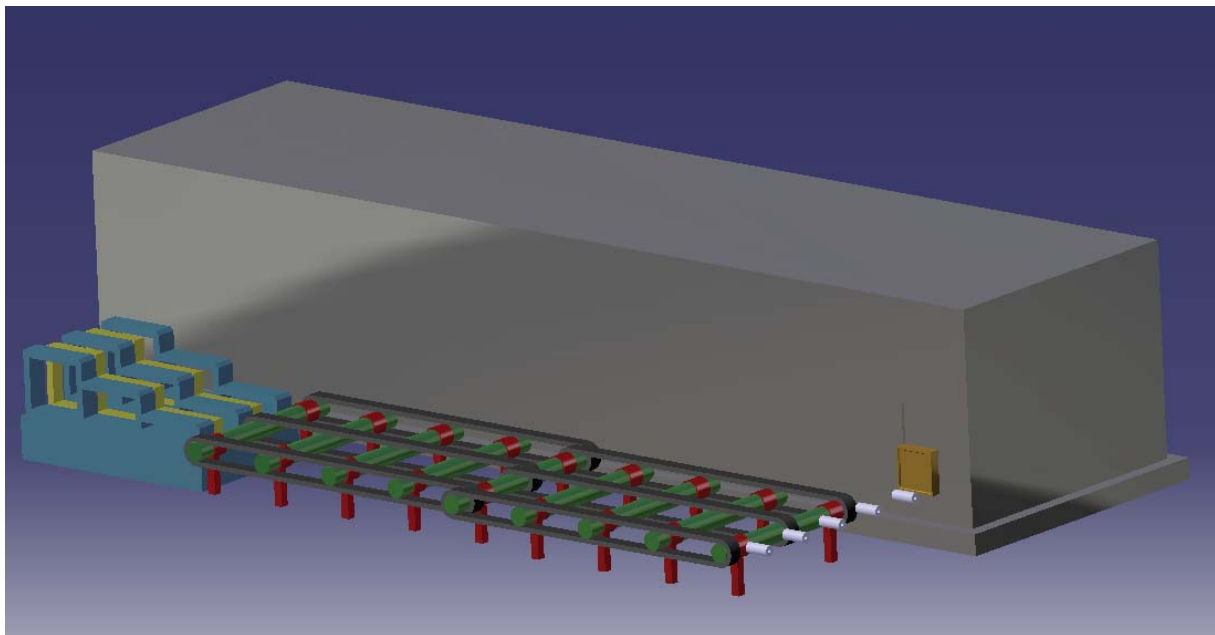
Morfologisk matris			
Utfärdad av: Johan Ekström		Skapad: 200415 Modifierad: 190515	
		Sid 1	
Delprocesser	Dellösningar		
Magasin/uppläggningsplats	DP1LF2 A,B,C,D,E,F		
Separering	DP2LF2 A,B	DP2LF4 C,D	DP2LF7 E,F
Transport till inmatningslucka	DP3LF1	DP3LF3 A,B,C,D,E,F	
Inmatningslucka	DP4LF1 B,D,F	DP4LF2 A,C,E	

Tabell 8. Morfologisk matris.

Alternativ A:

Material läggs på separeringsmaskinens översta nivå och separeras i två plan av balkarnas stegrörelse, för att sedan lyftas på transportbandet som förflyttar materialet mot inmatningsluckan. Transportbandet är uppdelat i två sektioner som kan köras med olika hastighet och på så sätt kan avståndet mellan stängerna justeras. Vid transportbandets slut hamnar stängerna på inmatningsrullar som förflyttar dem in till ugnens första zon genom, den på ugnens långsida placerade, inmatningsluckan. Eftersom att antal av inmatningsrullarna sitter inne i ugnen kan någon form av kylning till dessa komma att behövas. När materialet rullats in helt plockas det upp av stegbalkarna och värmebehandlingsprocessen påbörjas.

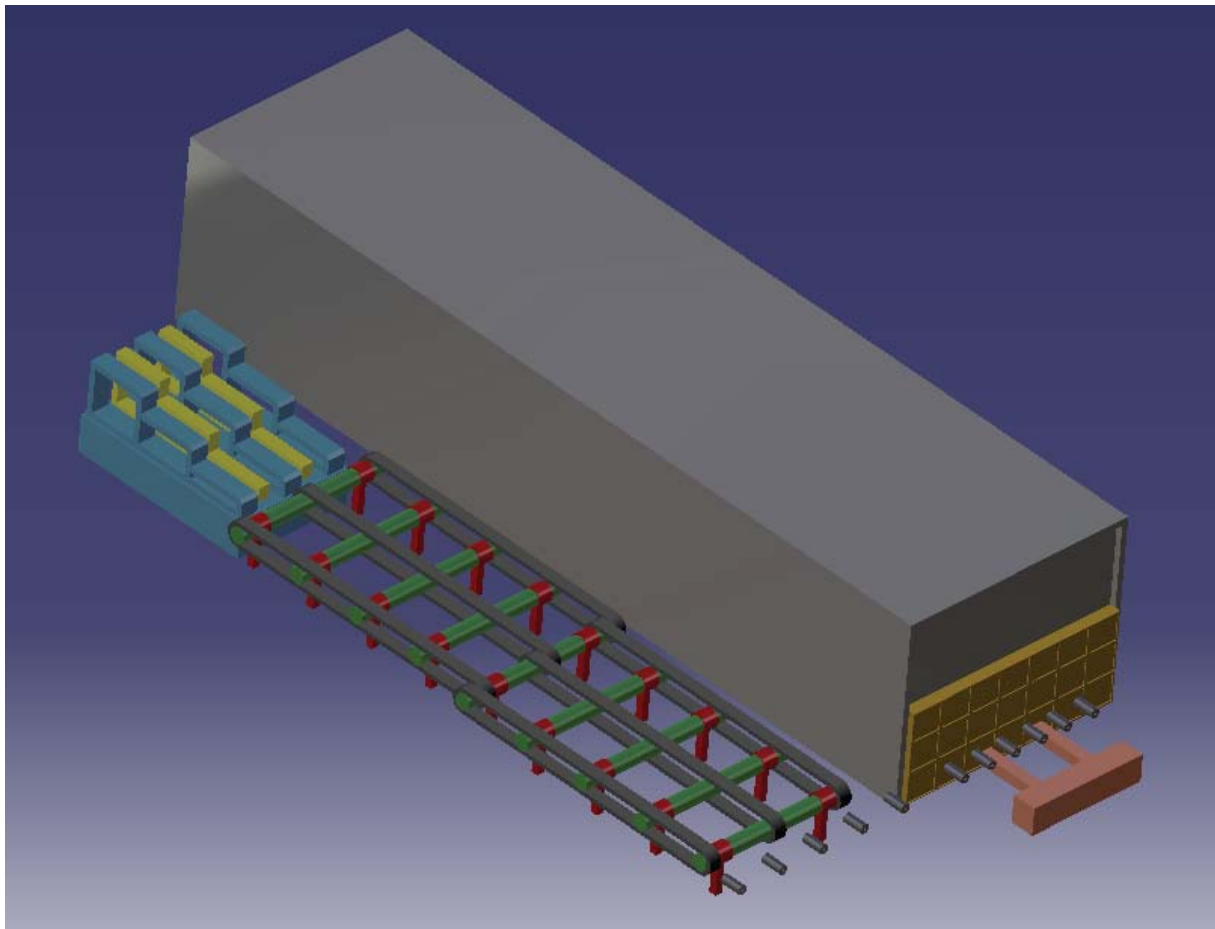
Detta alternativ är inspirerat av och har stora likheter med lösningen från den tidigare nämnda offerten.



Figur 17. CAD-modell av Alternativ A.

Alternativ B:

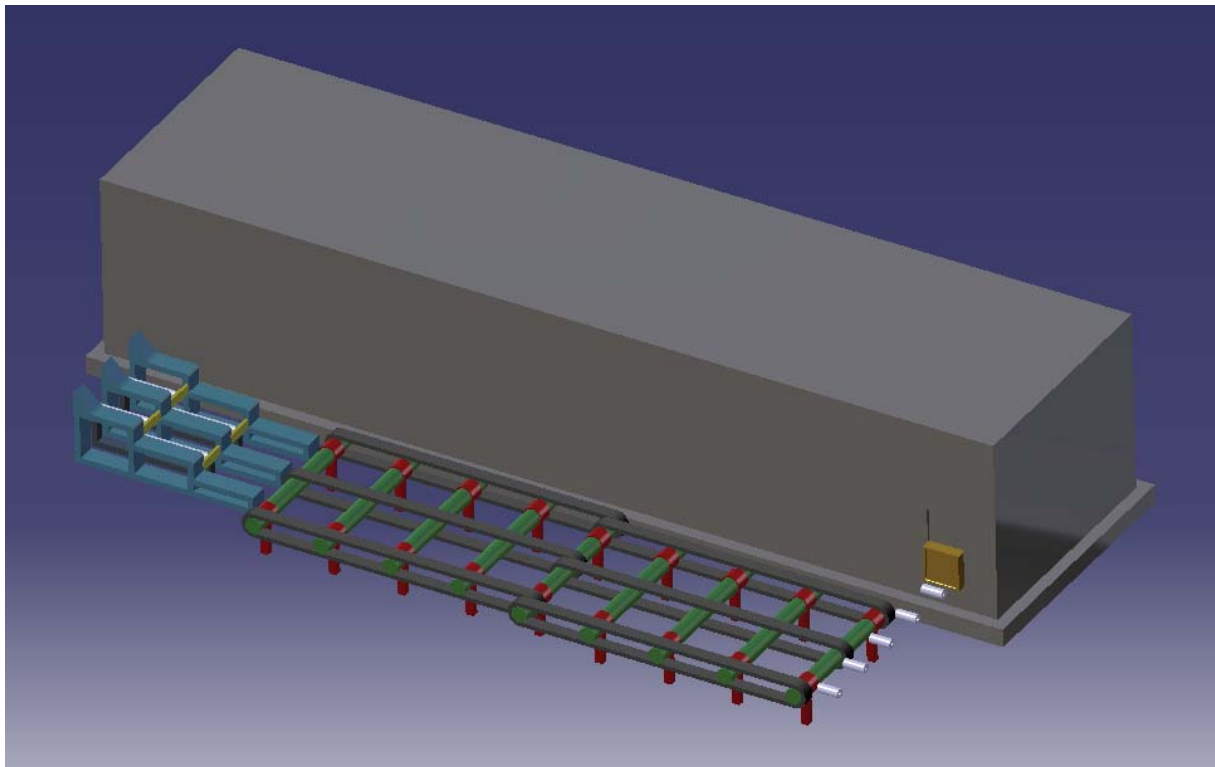
Samma uppläggning, separering och transport som *Alternativ A* men med inmatningsluckan placerad på ugnens kortsida. Fördelen med detta är att inmatningsrullarna inte utsätts för samma höga temperaturer då de är placerade på utsidan av ugnen. Nackdelen är att stegbalkarna inte kan lyfta materialet från rullarna in i ugnen, utan en extern lyftanordning måste installeras.



Figur 18. CAD-modell av Alternativ B.

Alternativ C:

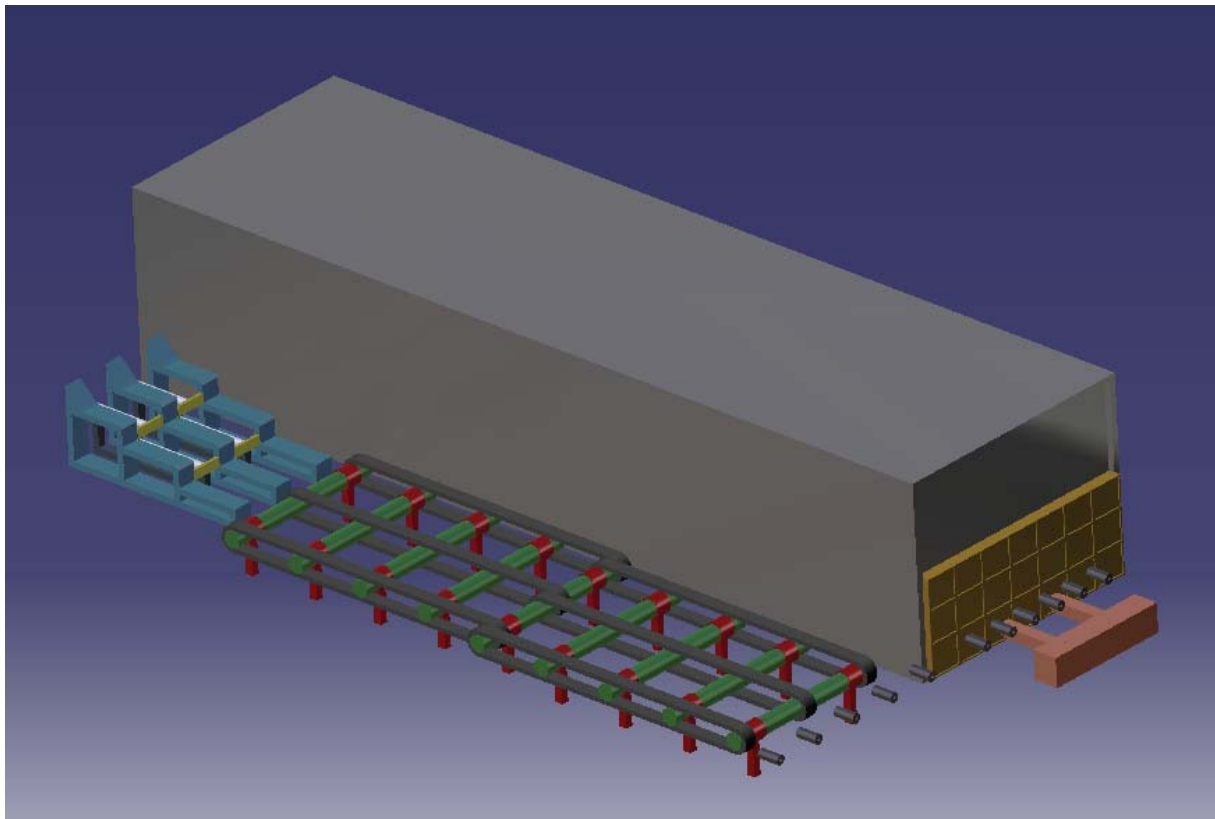
Samma lösning som *Alternativ A* förutom separeringen. Stängerna separeras då de skjuts fram över en kant av hydrauliska cylindrar i två steg.



Figur 19. CAD-modell av Alternativ C.

Alternativ D:

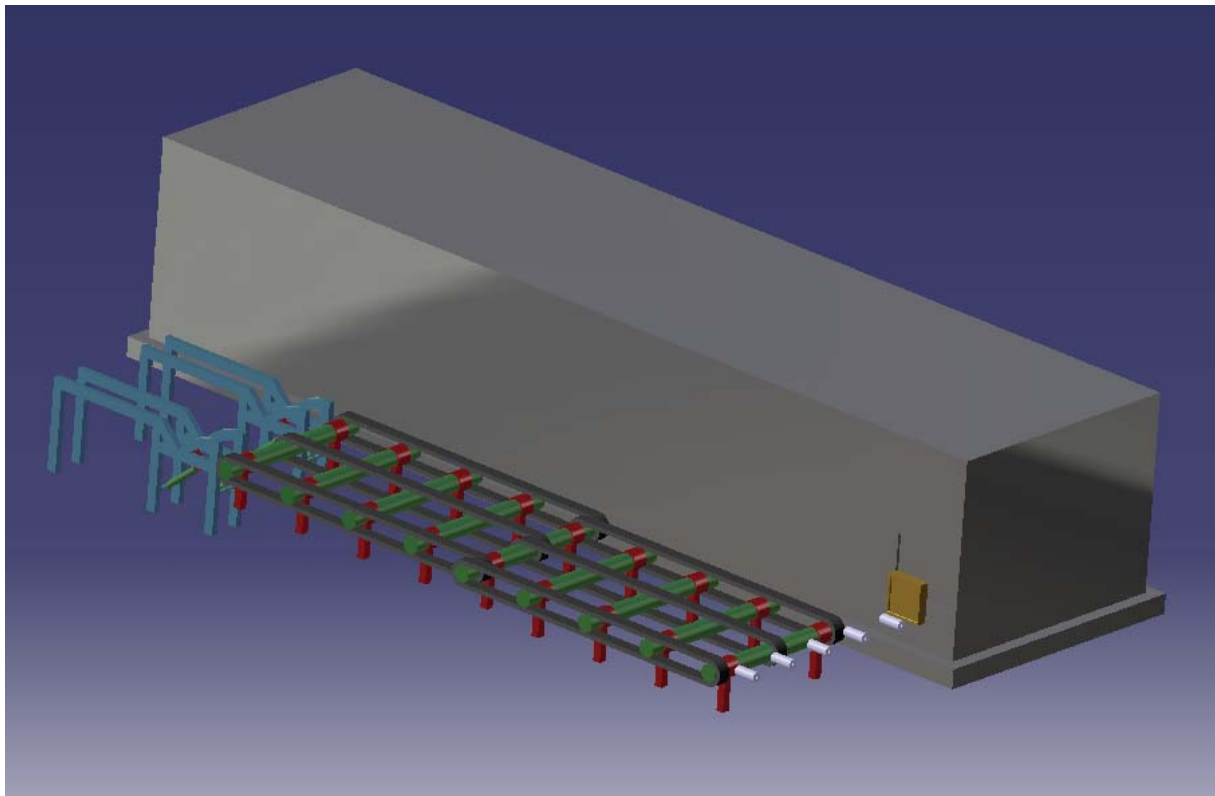
Samma lösning som *Alternativ C* förutom inmatningsluckan som är samma som från *Alternativ B*.



Figur 20. CAD-modell av Alternativ D.

Alternativ E:

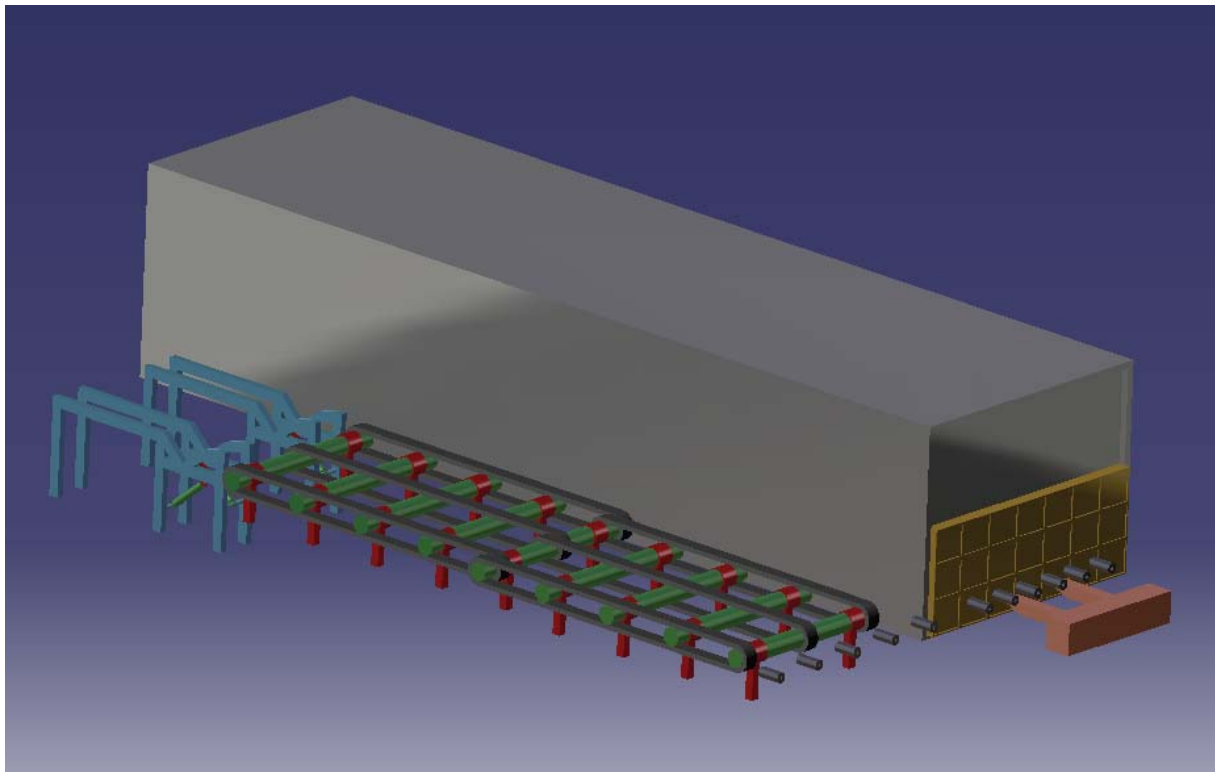
Samma som *Alternativ A* och *Alternativ C* förutom separeringen som här består av götvalsverkets separeringsmaskin.



Figur 21. CAD-modell av Alternativ E.

Alternativ F:

Samma lösning som *Alternativ E* förutom inmatningsluckan som är samma som i *Alternativ B* och *Alternativ D*.



Figur 22. CAD-modell av Alternativ F.

4.7 Pughmatris

De sex alternativen på helhetslösningarna (A till F) jämförs med varandra i en Pughmatris genom en betygsättning baserat på om listade kriterier uppnås. Följande kriterier betygsätts:

- Komplexitet – Hur komplex och invecklad lösningen är. Hög komplexitet ger ett lägre betyg.
- Autonomitet – Har lösningen inte potential att autonomiseras ges ett lågt betyg då en autonom lösning önskas.
- Resurskrävande – Kräver lösningen resurser i form av operatörer eller observatörer. Mer resurskrävande lösning ges ett lägre betyg.
- Driftsäkerhet – Är lösningen driftsäker ges ett högre betyg.
- Funktionssäkerhet – Är lösningens funktion garanterad ges ett högre betyg.
- Driftkostnad – Innebär lösningen höga driftkostnader ges ett lägre betyg. Här är värmeförluster en betydande faktor.
- Installationskostnad – Här ingår inköp- och installationskostnader. Högre kostnad ges ett lägre betyg.
- Installationstid – Installation av ny utrustning innebär att pågående produktion påverkas eller i värsta fall stoppas. Därav är installationstiden mycket viktig och skall i största mån minimeras. En lång installationstid ger ett lägre betyg.

Alternativ A väljs som referens vid betygsättning.

Betygsintervallet är mellan -1 och 1 där:

- -1 är sämre än referensen.
- 0 är lika som referensen.
- 1 är bättre än referensen.

All viktning och bedömning har uppskattats tillsammans med handledare och ingenjörer på Uddeholms AB och är grundat på deras kunskap och expertis inom området.

Pughmatris							
Utfärdare: Johan Ekström				Skapad: 200415 Modifierad: 180515			Sid 1
Kriterier	Alternativ						
	Vikt	Ref=A	B	C	D	E	F
Komplexitet	2	0	0	1	1	1	1
Autonomitet	5	0	0	0	0	0	0
Resurskrävande	3	0	0	0	0	0	0
Driftsäkerhet	5	0	0	0	0	0	0
Funktionssäkerhet	5	0	0	0	0	1	1
Driftkostnad	2	0	-1	0	-1	0	-1
Installationskostnad	4	0	-1	1	1	1	1
Installationstid	5	0	0	0	0	1	1
Antal +		0	0	2	2	4	4
Antal 0		8	6	6	5	4	3
Antal -		0	2	0	1	0	1
Nettovärde		0	-2	2	1	4	3
Viktad +		0	0	6	6	16	16
Viktad -		0	6	0	2	0	2
Viktat värde		0	-6	6	4	16	14
Rangordning		5	6	3	4	1	2
Vidareutveckling		NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA
Beslut	Alternativ E och F vidareutvecklas.						

Tabell 9. Pughmatris.

Alla alternativ med den större inmatningsluckan bedöms ha en högre driftkostnad.

Jämfört med *Alternativ A* anses *Alternativ B* vara en dyrare installation baserat på tidigare offert.

Jämfört med *Alternativ A* anses *Alternativ C* vara mindre komplex då separeringsmaskinen uppskattas som en enklare konstruktion. Som följd av detta anses *Alternativ C* vara mindre kostsam installation än *Alternativ A*.

Alternativ D ges samma bedömning som *Alternativ C* då deras enda olikhet är inmatningsluckan.

Alternativ E och *Alternativ F* skiljs åt med de olika lösningarna på luckan. I övrigt består de av samma lösningsförslag. Det som skiljer från *Alternativ A* är separeringslösningen. Av erfarenhet vet man att denna separerare är funktionssäker samt kan installeras till lägre pris och kortare tid. Den anses även vara mindre komplex.

4.8 Vidareutveckling

De två vinnande alternativen enligt ovanstående Pughmatris är identiska med undantag från inmatningsluckan. *Alternativ E* har en mindre lucka placerad på ugnens långsida. *Alternativ F* använder den betydligt större befintliga luckan som sitter på och sträcker sig över i princip hela ugnens kortsida. Fördelen med den mindre inmatningsluckan är att värmeförlusterna vid inmatningsskedet kan minskas avsevärt, vilket i sin tur minskar påverkan från inströmmade oönskad luft (4). De största värmeförlusterna uppstår genom strålning och kan beräknas teoretiskt med Stefan-Boltzmanns lag (ekv. 5.3.3.1-1 i Energiteknik) (7) där:

P = Värmeeffekt [W]

A = Strålningsarean [m^2]

ϵ = Emissionsförhållande

C_s = Stefan-Boltzmanns konstant [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$]

T = Temperatur [K]

$$\frac{P}{A} = \epsilon \cdot C_s \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4, \text{ W/m}^2 \quad (4.8-1)$$

Ekvation 4.8-1 Stefan-Boltzmanns lag

Då Emissionsförhållandet, Stefan-Boltzmanns konstant och Temperaturen är densamma för både *alternativ E* och *alternativ F* blir skillnaden i strålningsförlust direkt proportionell mot areaskillnaden.

5. AUTOMATISERING

För att möjliggöra ett helt autonomt inmatningsförlopp från det att material läggs i magasinet krävs en intelligent styrning av materialflödet samt handskakning mellan alla delprocesser.

Inmatningen måste även kommunicera med ugnens brännarsystem.

5.1 Befintligt styrsystem

I dagsläget styrs inmatningen (ämnesficka, rullar och lucka) och stegbalksrörelsen till en liten del av ett Mitsubishi Melsec PLC (se bilaga 2) medan huvuddelen av logiken är uppbyggd av direktkopplade givare (se bilaga 1 och 3) och kontaktorer (se bilaga 3).

Brännarsystemet byggdes om 2013 och styrs idag av ett oberoende Siemens S7 PLC.

5.2 Förslag på nytt styrsystem

Ett lämpligt styrsystem att använda för att automatisera inmatningsprocessen är ett Siemens PLC av modell S7 315 2DP tillsammans med ett Siemens decentraliserat I/O av modell ET200-S.

En stor fördel med denna kombination är att kommunikation med brännarsystemets PLC kan erhållas på ett enkelt sätt, t.ex. via Profibus, för att optimera materialflödet genom ugnen då t.ex. temperaturer i ugnen kan vara av intresse. Att kommunicera via Profibus mellan PLC och I/O skulle innebära en enklare och mindre störningskänslig signalöverföring.

En annan betydande aspekt med ovannämnda komponenter är att Uddeholms AB ofta väljer just Siemens som leverantör av PLC-system då stor kunskap om detta styrsystem finns inom företaget.

6. RESULTAT

I nedanstående kapitel beskrivs resultatet av arbetet som ge svar på frågeställningen och redogöra om syftet är uppnått.

6.1 Utvärdering av delprocess 1

För att säkerställa att tillräckligt med material finns i magasinet för autonom körning i 15 timmar, då inte personal finns på plats, behöver det rymma 150 ton. Ett magasin med den kapaciteten skulle behöva mycket stort utrymme vilket inte finns tillgängligt i lokalen.

Ett mindre magasin integrerat i separeringsmaskinen som med ett visst tidsintervall laddas av ugnsoperatören skulle kunna vara en lösning. Här krävs vidare analys och utvärdering.

6.2 Utvärdering av delprocess 2

Separering av stänger har visat sig vara en mer komplicerad uppgift än vad som ursprungligen uppskattats. Detta på grund av stängernas varierande form på dess tvärsnitt. Den befintliga separerarens funktionssäkerhet är inte hundra procentig och skulle bli svår att integrera i en autonom process.

En mer tillförlitlig separeringsmaskin finns och används för att separera samma stänger tidigare i tillverkningsförloppet i Götvalsverket. Denna separerare presenteras i de två alternativen som utsetts lämpliga för vidareutveckling (*Tabell 9*).

6.3 Utvärdering av delprocess 3

Den föreslagna lösningen för transport av material från separering till inmatningslucka är ett transportband parallellt med ugnen. Det är uppdelat i flera sektioner för att ge möjlighet att justera stängernas avstånd mellan varandra.

6.4 Utvärdering av delprocess 4

Vad gäller inmatningsluckan har två alternativ föreslagits lämpliga för vidareutveckling (*Tabell 9*). Vid senare analys konstaterades det att den mindre luckan placerad på ugnens långsida skulle resultera i mindre värmeförluster.

6.5 Utvärdering av styrsystem

Det som föreslås är att ersätta den nuvarande relästyrningen och logiken med ett PLC som styr inmatningens alla delmoment samt materialflödet genom och ut ur ugnen via fältbuskommunikation med decentraliserade I/O:n. Det nya PLC:t bör även kommunicera med brännarsystemets befintliga PLC.

7. DISKUSSION

De fyra delprocesserna som inmatningen delats upp i har alla visat sig vara mer komplicerade än vad som från början uppskattats. Ett helt autonomt materialflöde kräver vidare arbete och analyser.

Brister i tidsplaneringen medförde att enbart förslag på styrsystem och kommunikation hanns med att studeras.

7.1 Fortsatt arbete

Det har under arbetet konstaterats att en helt autonom inmatning är svår att realisera. Ett alternativ vore att undersöka om det finns möjlighet till ett mer automatiserat materialflöde i ugnen och för dess utmatning, vilket skulle innebära att skiftgående operatör kan lägga mer tid på inmatningen. Det skulle medföra att kravet på en helt autonom inmatningsprocess inte skulle behöva uppfyllas.

Ett moment som visat sig medföra höga kostnader är separeringsprocessen. Stängernas varierande form och storlek tillsammans med den ordning de levereras i, efter tidigare behandling i götvalsverket, resulterar i att en mer avancerad separeringsmetod måste användas. Här skulle man kunna utvärdera om det finns möjlighet till en mer strukturerad materialuppläggning redan tidigare i tillverkningskedjan så att en enklare separeringsmetod kan användas i stångvalsverket.

REFERENSER

1. Tool steel. I *Corrosionpedia*. Hämtad 2015-03-25, från <http://www.corrosionpedia.com/definition/1095/tool-steel>
2. Jonsson, N-G., Levén, J., Sjöström, Å. och Wiklund, O. (1996). *Järn- och stålframställning: Bearbetning av långa produkter*. Hämtad från <http://www.jernkontoret.se>
3. De Garmo, E. P., Black, J. T. och Kohser, R. A. (2011). *DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing*. Hoboken: John Wiley & Sons.
4. Green, R. (Ed.). (1963). *Elements of Rolling Practice*. Sheffield: The United Steel Companies LTD.
5. Edström, J-O. Stegbalksugn. I Nationalencyklopedin. Hämtad 2015-04-01, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/stegbalksugn>
6. ABB (2015). *ABB robotics_packing furniture panels* [Elektronisk bild]. Hämtad från: [http://www02.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/Images/6AE7FD39CED17FDAC12576CD0036B3D7/\\$File/16102008_0034_2_720.jpg](http://www02.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/Images/6AE7FD39CED17FDAC12576CD0036B3D7/$File/16102008_0034_2_720.jpg)
7. Alvarez, H. (2006). *Energiteknik*. Lund: Studentlitteratur.

BILAGA 1



Figur 23. Induktiv givare för stegbalksrörelse, Uddeholms AB. Författarens egen bild.

