



CHALMERS



Konstruktion och driftsättning av robotcell i enlighet med maskindirektivet

Construction and commissioning of an industrial
robot system according to the machinery directive

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Mekatronik

Elinor Jernheden

Daniel Östergren Berndtson

Konstruktion och driftsättning av robotcell i enlighet med maskindirektivet

Construction and commissioning of an industrial robot system
according to the machinery directive

Elinor Jernheden
Daniel Östergren Berndtson



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Institutionen för Signaler och System
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2017

Samtliga foton och figurer i denna rapport är tagna/skapade av författarna och publiceras med godkännande av Borealis AB.

Förord

Detta projekt har utförts som ett avslutande examensarbete för utbildningen Mekatronikingenjör, 180 hp på Chalmers tekniska högskola. Arbetet har utförts åt petrokemiföretaget Borealis AB i Stenungsund. Totalt har projektet omfattat 30 hp och utförts av två studenter under en period av nio veckor. Huvudmålet har varit driftsättning av en industrirobot, där de kunskaper inom konstruktion, el och programmering som införskaffats under tidigare studier på Chalmers varit mycket viktiga för resultatet.

Vi vill rikta ett stort tack till Borealis och allra främst till vår handledare Måns Bertilsson som varit ett stort stöd i arbetet. Vi vill också tacka Bertil Thomas på institutionen för Signaler och System på Chalmers som varit vår handledare och examinator under detta examensarbete.

Elinor Jernheden och Daniel Östergren Berndtson
Göteborg, juni 2017

Sammanfattning

Inom processindustrin är det önskvärt att undvika avbrott i tillverkningen, då det kan medföra stora förluster. Många företag arbetar därför förebyggande mot driftsavbrott så de blir så få och korta som möjligt. På Borealis AB i Stenungsund tillverkas bland annat plastgranulat av polyeten. Dessa packas i wellpappsförpackningar i en av företagets packstationer. Då lagringsutrymmet för det tillverkade materialet är begränsat är det mycket viktigt att den tillhörande packstationen alltid har möjlighet att förpacka materialet. I packstationen används bland annat en industrirobot. För att minska risken för långa stopp hos packstationen har en robot av samma typ som den i packstationen köpts in i reserv. Förutom att denna extrarobot kan användas för reservdelar avser Borealis också använda den för kompetensutveckling av packstationens driftspersonal. Med ökad förmåga att förstå och hantera roboten hos personalen minskar risken ytterligare för driftsstopp i packstationen. I det här projektet driftsattes den sekundära roboten och en robotcell konstruerades för användning i utbildningssyfte. Modell på robot och säkerhetskomponenter stod redan klart vid projektets början, då dessa redan fanns på Borealis. Cellens placering och platsbegränsningar stod också klart då den behövde vara i direkt anslutning till den befintliga cellen. Då robotcellen ur ett rättsligt perspektiv ses som en ny maskin skall den uppfylla alla krav i gällande lagstiftning, maskindirektivet. Detta innebar en strävan att följa internationella standarder under riskanalys och konstruktion av säkerhetsåtgärder. Utöver detta designades också cellen och roboten startades upp för första gången. Ett fåtal delar av det slutgiltiga färdigställandet av robotcellen och den tillhörande tekniska dokumentationen kvarstår, då riskanalysen visade sig vara betydligt mer tidskrävande och omfattande än vad som först antogs.

Abstract

It is desirable to avoid disruption within the process industry due to possible high losses. Many companies use preventive measures to avoid disruptions, and to keep them as few and as short as possible. Borealis AB in Stenungsund produces plastic granulates of polyethylene among other products. The polyethylene is packed in semi bulk containers of corrugated cardboard. It is critical that the associated packing station always is operational due to limited intermediate storage capacity. An industrial robot is used among other components in the packing station. To reduce disruptions a spare robot was purchased. Borealis planned to use this robot for educational purposes (for the system operators) in addition to spare parts. Higher competence among the system operators can decrease disruptions. Commissioning of the spare robot and construction of a robot system for educational purposes was accomplished in this project. The spare robot and safety components were already in place at Borealis from the beginning of the project. Placement of the robot system and its workspace were also determined due to the necessity of placing the system next to the existing robot system. Legally, the robot system is to be seen as a new machine, which must meet all requirements according to the machinery directive. This implies to follow international standards during risk analysis and construction of safety measures. In addition, construction of the robot system and the first commissioning were done. Minor portions of the completion of the robot system and the associated technical documentation remains. This is because the risk analysis proved to be more time consuming and extensive than originally thought.

Innehållsförteckning

Terminologi.....	1
1 Inledning.....	2
1.1 Bakgrund.....	2
1.2 Syfte.....	2
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Precisering av frågeställning.....	2
2 Teknisk bakgrund.....	3
2.1 Maskindirektivet	3
2.2 SISTEMA	3
2.3 KUKA industrirobot.....	4
2.3.1 Översikt KR150 L110-2 2000	4
2.3.2 Gränslägen	5
2.3.3 Driftsätt.....	5
3 Metod.....	6
3.1 Arbetsgång.....	6
3.2 Databasinsamlingsmetoder – Informationsinsamlingsmetoder	6
3.3 Test- och verifieringsmetoder	6
4 Riskanalys.....	7
5 Beslut om säkerhetsåtgärder	10
5.1 Utefter riskanalys	10
5.2 Enligt annan standard	11
6 Design av robotcell.....	13
7 Första uppstarten av roboten.....	16
8 Konstruktion av säkerhetsfunktioner.....	17
9 SISTEMA-beräkningar.....	21
10 Avslutande arbete	22
11 Slutsats och diskussion.....	24
12 Referenser	26

Bilaga 1 - Riskanalys

Bilaga 2 - Beslut om säkerhetsåtgärder

Bilaga 3 - Beställningslista staket

Bilaga 4 - Kretsschema elskåp

Bilaga 5 - Teknisk dokumentation, SISTEMA

Terminologi

Performance level (PL) – Performance level är ett mått på säkerheten i ett system. Skalan sträcker sig från a: låg säkerhet till e: hög säkerhet.

Required performance level (PL_r) – Den säkerhetsnivå som behövs för att reducera en identifierad risk. Hög/allvarlig risk kräver ett system med hög säkerhetsnivå.

SISTEMA – En programvara som används för att evaluera säkerheten i ett styrsystem.

Mastra/Mastring – Att noggrant kalibrera/ställa in var i rymden en robots axlar befinner sig.

Autocad – Programvara för att rita i 2D eller 3D.

MTTF_d - Mean Time To dangerous Failure. Ett mått på hur länge en komponent håller innan ett allvarligt fel inträffar. I ett säkerhetssystem önskas höga MTTF_d-värden hos de ingående komponenterna för att minska risken för fel.

IFA - Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance.

Piktogram – En bild eller symbol som används istället för ett ord eller begrepp, oftast för att de går att förstå oavsett vilket språk man talar. Vanliga exempel är symbolerna för toalett, nödutgång och sjukhus samt kemiska symboler så som frätande och explosivt.

Wellpappsoktabin – En förpackning utav wellpapp vars bottenyta är åttakantig.

Maskindirektivet – Lagstiftning som omfattar alla maskiner som skall släppas på eller importeras till den europeiska marknaden.

1 Inledning

I huvudsak kommer detta projekt att omfatta driftsättning av en industrirobot hos Borealis AB i Stenungsund. Arbetet innefattar riskanalys, grundläggande programmering och CE-märkning.

1.1 Bakgrund

Borealis AB är ett petrokemiskt företag i Stenungsund som främst inriktar sig på framställning av polyolefiner, baskemikalier och konstgödsel. I en av företagets packstationer fylls wellpappsoktabiner med plastgranulat av lågdensitetspolyeten. Packstationen är automatiserad och består bland annat av en robot som viker upp wellpappsbehållarna och skickar dem vidare till påfyllning. Då lagringsutrymmet för det tillverkade materialet är begränsat behöver robotcellen alltid vara i drift då fabriken producerar.

För att kunna hålla eventuella driftsstopp för roboten så korta som möjligt har företaget köpt in ytterligare en identisk robot (härefter benämnd ”roboten”), vilken var tänkt att användas för reservdelar, tester och kompetensutveckling hos operatörerna. Än så länge har denna sekundära robot aldrig tagits i drift och har inte tjänat det syfte som ursprungligen var tänkt.

1.2 Syfte

Huvudsyftet med projektet är att roboten skall sättas i drift. Det inkluderar att göra en riskanalys, konstruera en robotcell, förse den med ström och utrusta den med säkerhetsfunktioner så som nödstopp etc. Roboten innefattas av maskindirektivet, vilket gör oss skyldiga till att dokumentera arbetet och skapa en försäkran om överrensställelse som styrker att roboten följer gällande krav.

När roboten är i drift ska den förses med ett fåtal enklare övningsuppgifter som ska öka driftspersonalens förmåga att hantera roboten.

1.3 Avgränsningar

Projektet kommer att utföras av två personer inom en tidsram på cirka 9 veckor med start i mars och avslut i juni. På företaget finns redan (utöver roboten) vissa komponenter såsom givare och säkerhetsbrytare som kan användas vid robotcellens konstruktion. Därav kommer inga andra komponenter att undersökas. Riskanalysen och säkerhetsåtgärderna kommer att utföras enligt de EN ISO standarder som företaget har köpt in och tillhandahållit för användning i projektet.

1.4 Precisering av frågeställning

För att nå projektets slutgiltiga mål kommer följande frågeställningar succesivt behandlas:

- Hur behöver roboten anpassas för den givna arbetsytan? Finns det platsbegränsningar?
- Vilka säkerhetsfunktioner krävs för PL d?
- Hur kan garanti ges att PL d har uppnåtts i praktiken?
- Vilka övningsuppgifter kan användas för att hjälpa driftspersonalen att utöka sin kompetens inom styrning/programmering av roboten?

2 Teknisk bakgrund

I detta kapitel ges en fördjupad beskrivning av de teoretiska och tekniska delarna i projektet.

2.1 Maskindirektivet

Maskindirektivet är den lagstiftning som gäller alla maskiner som släpps ut på marknaden i EU [1]. Dess främsta syften är att upprätthålla säkerheten för de som använder maskiner, samt att underlätta handeln med maskiner inom EU [2]. För att visa att en maskin uppfyller alla krav i maskindirektivet skall den CE-märkas innan den kan börja säljas [1]. Definitionen av en maskin är:

”En sammansatt enhet som är utrustad med eller avsedd att utrustas med ett drivsystem som inte utgörs av direkt drivkraft från människa eller djur och som består av inbördes förbundna delar eller komponenter, varav minst en rörlig, som är sammansatta för ett särskilt ändamål [3]”

Då det finns ett stort antal olika typer av maskiner på EU-marknaden, finns det även ett antal specialfall i maskindirektivet. Ett specialfall är *Delvis fullbordade maskiner*, vilka definieras enligt:

”Sammansatt enhet som nästan utgör en maskin men som inte ensam kan användas för något särskilt ändamål. Ett drivsystem är en delvis fullbordad maskin. En delvis fullbordad maskin är endast avsedd att byggas in i eller monteras ihop med andra maskiner eller med andra delvis fullbordade maskiner eller annan utrustning, så att de bildar en maskin som detta direktiv är tillämpligt på [3].”

En industrirobot är ett exempel på en *Delvis fullbordad maskin* och för den gäller delvis andra regler. Den behöver genomgå påbyggnad eller tillbyggnad innan användning, vilket gör det omöjligt för tillverkaren att utföra en CE-märkning. Roboten skall istället ses som en ny konstruktion då den har satts på plats och utrustats med ett verktyg. Denna nya konstruktion uppfyller då alla krav för maskindirektivets definition *Maskin*, vilket innebär att den skall genomgå riskanalys och CE-märkning [4] [5].

Maskindirektivet är en omfattande lagstiftning som berör både hälsa och säkerhet, vilket kan medföra svårigheter att bedöma om en maskin är korrekt konstruerad. För att underlätta för tillverkare av maskiner finns olika standarder att följa. Standarder kan utarbetas av olika aktörer till exempel CEN eller CENELEC som är verksamma i Europa. Standarder som antagits av något av dessa två organ har prefixet ”EN”. Ett annat välkänt standardiseringsorgan är International Organization for Standardization, ISO. En standard som är identisk för både CEN och ISO får både prefixen ”EN” och ”ISO”. För den som önskar bygga en maskin finns alla harmoniserade standarder att köpa på Swedish Standards Institutes hemsida, www.sis.se.

2.2 SISTEMA

SISTEMA står för *Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications* och är en programvara som tillhandahålls av tyska IFA [6]. Huvudsyftet med programmet är beräkningar på olika säkerhetssystem. Ett sådant system kan till exempel vara en nödstoppkrets till en maskin. Genom att bygga upp nödstoppskretsen i programmet och mata in information om komponenterna, kan SISTEMA göra en sammantagen beräkning av uppnådd Performance Level [6].

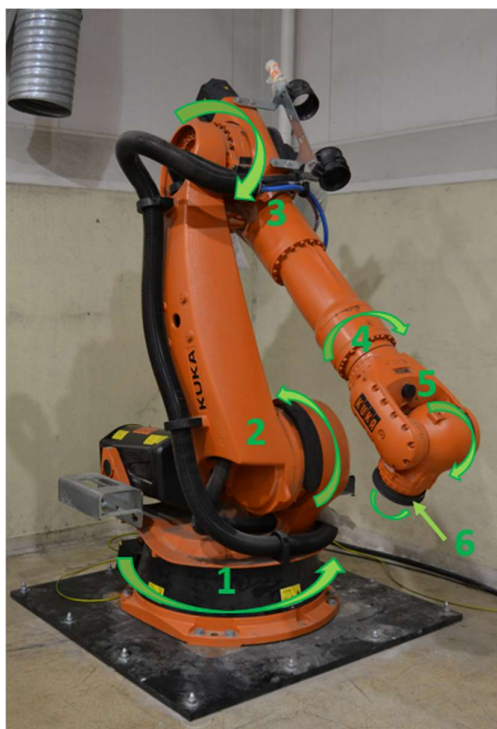
Programmet finns på IFA's hemsida och är gratis att ladda ner och använda. På hemsidan finns också ett antal manualer kallade "kokböcker" som ger härledning till hur programmet används. Ett flertal leverantörer av olika skyddsanordningar tillhandahåller produktbibliotek med information som kan läsas rakt in i programmet [6].

2.3 KUKA industrirobot

Roboten som används i detta projekt är en industrirobot av modell *KR150 L110-2 2000*, tillverkad av företaget KUKA, *Keller und Knappich Augsburg*. KUKA tillverkar idag automationslösningar till främst fordonsindustrin, men även till allmänindustrin [7].

2.3.1 Översikt KR150 L110-2 2000

KR 150 är en sexaxlad robot med lastkapacitet på 150 kg, räckvidd på 3,1 m och en egen vikt på 1430 kg, se Figur 1. Till roboten medföljer ett styrskåp, beteckning *KR C2*, se Figur 2. Styrskåpet innehåller en dator som kontrollerar och kommunicerar med roboten. Det är även till styrskåpet som externa skyddsfunktioner kopplas in, till exempel nödstopp och grindbrytare. För att enkelt kunna styra och programmera roboten är en bärbar kontrollpanel *KCP*, *KUKA Control Panel*, inkopplad till styrskåpet. Kontrollpanelen har en skärm, tangentbord och en mus, se Figur 3.



Figur 1 - KUKA robot KR150 L110-2 2000 med numrerade axlar.



Figur 2 - Styrskåp KR C2 till robot.



Figur 3 - KCP, bärbar kontrollpanel till robot.

2.3.2 Gränslägen

Roboten är vid leverans utrustad med programmerbara ändlägesbrytare. De är brytare som hindrar att var och en av de sex axlarna vrids för långt i någon riktning. Brytarna är (som namnet antyder) programmerbara, vilket innebär att gränsen för hur långt en axel kan röra sig är flyttbar. Deras främsta syfte är att skydda roboten från skador som kan uppstå om en axel vrids så långt att roboten riskerar att krocka med sig själv. De programmerbara stoppen är alltså inte tillräckliga för att uppnå fullständig personsäkerhet. Beroende på hur roboten placeras kan den behöva utrustas med yttre gränslägen [8].

Yttre gränslägen monteras utanpå roboten och finns i flera varianter, som till exempel elektriska eller mekaniska. Vid leverans är denna robot utrustad med två mekaniska stopp som fysiskt hindrar axel 1 och axel 2 från att röras för långt i respektive riktning. Stoppen är flyttbara och kan fästas i andra lägen beroende på hur roboten skall användas. Från början kan roboten rotera strax över 360° på axel 1 om inget ändras. Om ett mekaniskt stopp flyttas/monteras på roboten skall gränserna för de programmerbara ändlägena väljas så att roboten aldrig går emot det mekaniska stoppet. Det mekaniska stoppet skall endast verka som en extra säkerhet utifall ett allvarligt fel skulle uppstå eller att roboten körs omanstrad.

2.3.3 Driftsätt

På den handhållna kontrollpanelen till roboten finns ett vred för val av driftsätt. De fyra alternativen är T1, T2, AUT och AUT EXT. De två första lägena är för manuell drift. I läge T1 körs roboten med reducerad hastighet medan T2 tillåter full hastighet. Det utmärkande för de två manuella lägena är att det hålldon som finns på KCP:n måste hållas intryckt för att roboten skall gå att köra. Hålldonen har tre lägen och roboten är endast körbar om hålldonet tryckts in till mellanläget. Detta medför att roboten stannar både om operatören släpper hålldonet eller om en paniksituation uppstår och operatören klämmer hårt om KCP:n [9]. I dessa två lägen gäller också att skyddsanordningar kopplade till ingången för operatörsskydd på roboten är inaktiverade [9]. De resterande två lägena AUT och AUT EXT är automatiska lägen för programkörning. I dessa lägen är operatörsskyddet aktiverat och hålldonet på KCP:n inaktiverat.

3 Metod

I detta avsnitt presenteras övergripande struktur och de tillvägagångssätt som kommer användas för att hantera de olika delarna i projektet.

3.1 Arbetsgång

För att kunna planera och genomföra projektet på ett strukturerat sätt kommer det övergripande målet att delas upp i ett antal delmål som succesivt kan avklaras. Några delmål bygger direkt på varandra medan andra kan utföras parallellt. Projektet inleds med att tekniker på Borealis ställer roboten på den av företaget utvalda platsen. Under tiden genomförs riskanalys, planering av robotcellens utseende och efterforskningar av de säkerhetskomponenter som företaget köpt in i samband med roboten. Då roboten kommit på plats kan arbete med hård- och mjukvarugränslägen ske parallellt med konstruktion av elskåpet. Under denna fas kommer också cellens staket att monteras av företagets tekniker.

Då projektet fortskridit så att en hel robotcell finns, övergår arbetet till en mer teoretisk del där cellens funktion och säkerhet skall dokumenteras. Beräkningar i verktyget SISTEMA kommer att användas för att bekräfta att PL d har uppnåtts. Slutligen kommer roboten att förses med några enklare övningsuppgifter.

3.2 Datainsamlingsmetoder – Informationsinsamlingsmetoder

Under de delar av projektet som innefattar riskanalys och beslut om säkerhetsåtgärder kommer i första hand EN ISO-standarder användas som guide. Boken *Vägledning för tillämpning av maskindirektivet 2006/42/EG* kommer användas som tolkningshjälp. Vid konstruktionen av elskåpet kommer ett flertal elektriska komponenter att användas. Då samtliga komponenter är nya finns fullständiga originalmanualer på svenska att tillgå på leverantörens hemsida. Detta innebär att noggranna och korrekt säkerhetsdata för komponenterna är lättillgängliga.

3.3 Test- och verifieringsmetoder

För att kontrollera att den slutgiltiga robotcellen möter de krav som listas i maskindirektivet kommer en utförlig beräkning att göras med hjälp av verktyget SISTEMA.

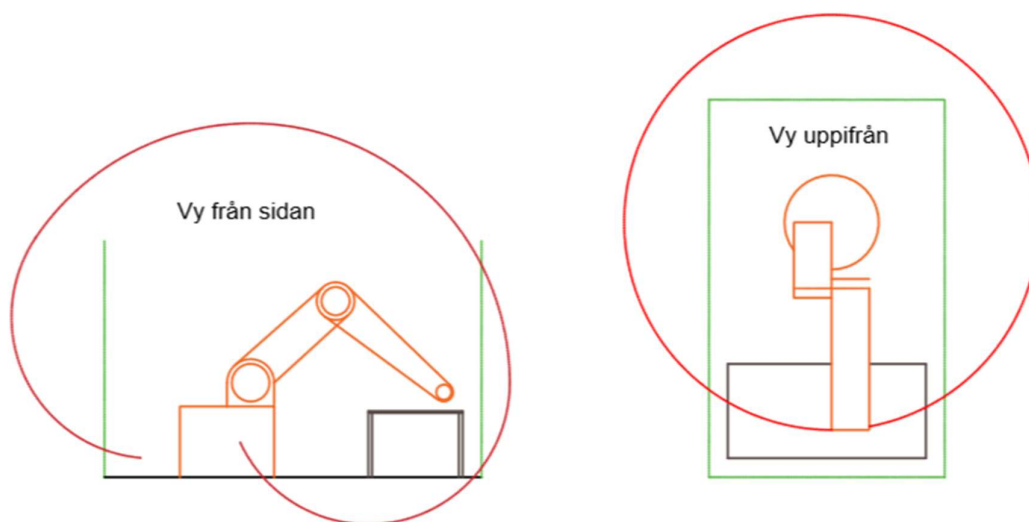
4 Riskanalys

En riskanalys är ett systematiskt sätt att gå igenom ett system för att finna eventuella brister eller problem som kan orsaka personskada. Vilken strategi som används för att hitta och värdera riskerna varierar beroende på sammanhang. Då detta projekt innefattar driftsättning av en robotcell, bedömdes den arbetsgång som föreslås i SS-EN ISO 13849-1 vara lämplig att följa [10]. En kortfattad beskrivning av arbetsgången syns i Figur 4.



Figur 4 - Arbetsgång vid riskanalys av robotcellen.

Det första steget i riskanalysen var att bestämma systemets omfattning. För att kunna göra en korrekt bedömning var det viktigt att ha en klar bild över vilka delar som utgör systemet och deras syfte. Robotcellen definieras som själva roboten, ett litet verktyg som fästes på roboten och ett bord. Arbetsytan var från början inte exakt bestämd men det stod klart att det skulle bli en rektangulär yta med fri takhöjd. Det var också givet att roboten inte skulle få plats att röra sig fullt utsträckt i alla riktningar, se Figur 5. Det främsta syftet med cellen var kompetensutveckling hos driftspersonalen. Detta skulle ske genom enkla programmeringsuppgifter, vilket innebär att roboten endast skulle utrustas med ett verktyg som kunde hålla till exempel en penna eller en laserpekare. Företaget planerade också att använda cellen för att testa eventuella defekta delar från en likadan robot.



Figur 5 - Principskiss av tänkt arbetsyta och robotens maximala räckvidd.

En risk kan uppstå när som helst under en maskins livstid. Därav skall samtliga arbetsmoment beaktas vid en riskbedömning [11]. Förutom de arbetsmoment som är tänkta att utföras skall också rimligen förutsägbar felanvändning beaktas [10]. För denna utbildningscell identifierades ett flertal arbetsmoment och medföljande risker, se Tabell 1. Att befinna sig inom arbetsytan då roboten är igång anses alltid medföra risk för att klämmas eller bli utsatt för slag. Man anses ej

kunna förutsätta att roboten är helt avstängd då någon utför arbete inom robotcellen, eftersom roboten kan stå stilla och uppfattas som avstängd trots tillslagen ström. Dessutom vore det i många fall komplicerat att behöva bryta strömmen till roboten innan inpassering i cellen. Risken är stor att operatören då istället väljer att passera in i cellen trots att roboten är igång.

Tabell 1 - Arbetsmoment i robotcell och medföljande risker.

Arbetsmoment:	Risk(er):
1. Uppstart av robotcellen.	Person(er) befinner sig inom robotens arbetsyta.
2. Mastring av roboten. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)	Risk att köra på person(er) med roboten (mjukvarugränser fungerar ej i omastrat läge). Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt. En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta.
3. Serva roboten.	Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.
4. Byta verktyg (t.ex. sätta dit ny penna eller laserpekare för övningsuppgift).	Operatören måste befinna sig inom arbetsytan. Verktyget kan monteras felaktigt (så att det faller av under körning).
5. Byta ut en komponent för testning.	Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.
6. Köra roboten i manuellt läge. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)	Operatören kan styra fel och skicka robotarmen utanför arbetsytan (personer i närheten kan skadas). Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt. En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta.
7. Skriva programkod.	Ingen identifierad risk.
8. Testköra programkod. (Körning i valfritt driftsätt.)	Felskriven kod kan få roboten att köras utanför arbetsytan. Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt. En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta.
9. Städning av arbetsytan.	Operatören måste uppehålla sig inom arbetsytan.

Enligt maskindirektivet skall sedan varje risk värderas utifrån tre faktorer benämnda S, F och P efter engelskans Severity, Frequency och Possibility. För var och en av de tre faktorerna finns två alternativ [10]. Nedan visas ett exempel för en av de identifierade riskerna, övriga bedömningar finns i Bilaga 1. De tre faktorerna vägdes sedan samman enligt en metod som föreskrivs i maskindirektivet, till en Performance Level required. Figur 6 illustrerar sammanvägningen, vilket ger en viktad bedömning av hur allvarlig risken är.

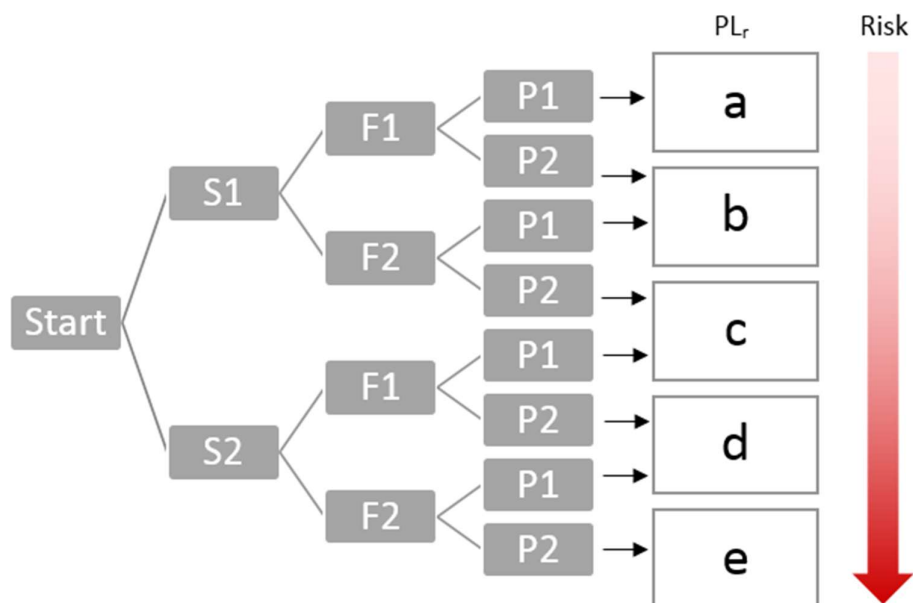
Arbetsmoment: Uppstart av robotcellen.

Risk: Person(er) befinner sig inom robotens arbetsyta.

S: Faktorn S bedöms vara på den höga nivån S2, vilket innebär att skadan riskerar att bli mycket allvarlig. Detta kan till exempel innebära benbrott, skador som ger kvarstående men eller dödsfall.

F: Faktorn F bedöms ligga på den låga nivån F1, vilket innebär en låg exponeringsfrekvens av risken.

P: Faktorn P bedöms ligga på den höga nivån P2, eftersom det är svårt att undvika skada då roboten rör sig snabbt och har stor massa.



Figur 6 - Metod för sammanvägning av riskfaktorer.

För risken i exemplet ovan framgår att S2, F1 och P2 innebär $PL_r = d$. PL d är långt ner på skalan, vilket motsvarar hög risk. Genom att utföra ovanstående steg för samtliga identifierade risker fås ett bra beslutsunderlag för eventuella åtgärder. Den fullständiga bedömningen för robotcellens risker finns i Bilaga 1.

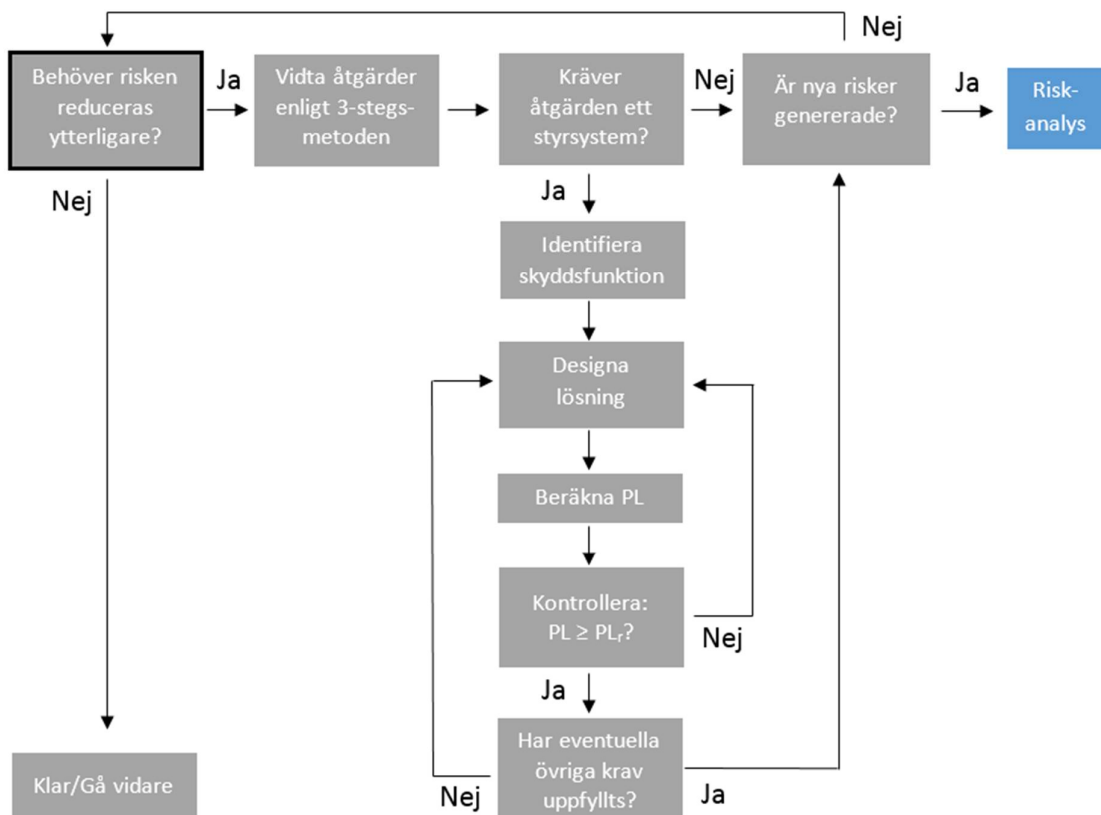
5 Beslut om säkerhetsåtgärder

Beslut om vilka säkerhetsåtgärder som skall vidtas bygger på riskanalysen samt eventuella standarder som robotcellen bör följa.

5.1 Utefter riskanalys

Efter avslutad riskanalys kunde eventuella åtgärder för att reducera de risker som identifierats beaktas. I SS-EN ISO 13849-1 finns en rekommenderad arbetsgång för riskreduktion som kan användas som en fortsättning på riskanalysen [10]. Att reducera risker kan vara en komplex fråga, där några val leder till nya ställningstaganden och krav på verifikation, se Figur 7.

I många fall kan en och samma risk reduceras genom ett antal olika åtgärder och det är då tvunget att välja den som är mest effektiv. I maskindirektivet föreskrivs en generell trestegsmetod för val av åtgärd. De tre stegen är rangordnade från steg 1 till steg 3 med fallande prioritet. Åtgärderna börjar med steg 1 där målet är att eliminera eller bygga bort riskkällor. De risker som inte kan byggas bort går vidare till steg 2, då man strävar efter att hitta tekniska skyddsåtgärder. Om det efter steg 2 fortfarande finns kvarstående risker, krävs det i steg 3 att varningssymboler och piktogram möjliggör för operatören att vidta tillräckliga försiktighetsåtgärder.



Figur 7 - Arbetsgång för val av säkerhetsåtgärd.

För det första arbetsmomentet *Uppstart av robotcellen* identifierades en risk, *Risk att någon befinner sig inom arbetsytan*. Denna risk hamnade högt upp på riskskalan under analysen, vilket resulterade i att risken behövde reduceras. Enligt trestegsmetoden konstaterades att en lösning på Steg 1 ej var realiserbar, då roboten under vissa arbetsmoment måste gå att komma åt. Istället

påträffades en lösning på Steg 2, vilket innebär att montera ett staket med en grind som avgränsar robotcellen. Detta förhindrar att någon oavsiktligt uppehåller sig inom arbetsytan. Det är dock fortfarande möjligt att öppna grinden och beträda robotcellen när roboten är i drift. Därav ansågs att ytterligare åtgärder krävdes. Återigen granskades möjliga åtgärder, vilket gav att grinden behöver förses med en kontakt som stoppar roboten då grinden öppnas. Med denna lösning minskar risken för personskada avsevärt, då ingen kan beträda robotens arbetsområde när den är satt i automatiskt driftläge. Det som kvarstår är risken för att någon uppehåller sig inuti cellen med grinden stängd, när någon annan startar roboten. Denna risk ansågs behöva reduceras ytterligare och en åtgärd påträffades i Steg 3. Denna åtgärd ger möjlighet till att grinden spärras i öppet läge och att varna för uppstart utan att se till att cellen är tom. Detta underlättas också genom att välja ett staket som går att se igenom. Sammantaget ansågs ovanstående åtgärder ha minskat risken tillräckligt.

Arbetet fortskred sedan till arbetsmoment nummer 2, *Mastring av roboten*. Detta arbetsmoment medförde tre olika risker: *Risk att köra på person(er) med roboten*, *Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt* och *En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta*. Riskerna hanterades enligt flödesschemat i Figur 7, vilket gav att tre separata åtgärder krävdes. För det första behövde roboten fästas i golvet för att eliminera vältrisen. För det andra behövde roboten förses med någon form av stopp, vilket begränsar robotens räckvidd i de riktningar där personer kan befinna sig. För det tredje behöver man varna operatören för att passera in i cellen under den manuella körningen.

På samma systematiska sätt fortsatte riskreduktionen med var och ett av de kvarstående arbetsmomenten och de tillhörande riskerna. Det framkom att åtgärderna som framtagits ovan reducerade ett flertal av de identifierade riskerna simultant. I fallet med *Risk att verktyget monterar fel* erhöles en mycket låg risknivå, vilket resulterade i att ingen åtgärd behövdes. En detaljerad beskrivning av beslutsgången för åtgärder av samtliga risker finns i Bilaga 2. Sammanfattningsvis resulterade alltså riskreduktionsarbetet i sju konkreta åtgärder som listas nedan.

- Sätt upp ett staket med en grind som avgränsar arbetsytan. (Välj om möjligt ett staket som går att se igenom.)
- Förse grinden med en brytare så att roboten stannar då någon öppnar.
- Varna för start av roboten utan att ha kontrollerat att cellen är tom.
- Möjliggör att grinden kan ställas i öppet läge.
- Se till att roboten fästs i golvet för att förhindra att den välter vid körning.
- Förse roboten med stopp så den hindras från att gå utanför staketet (arbetsytan).
- Varna för att befinna sig inom robotens arbetsyta vid körning i läge T1 och T2.

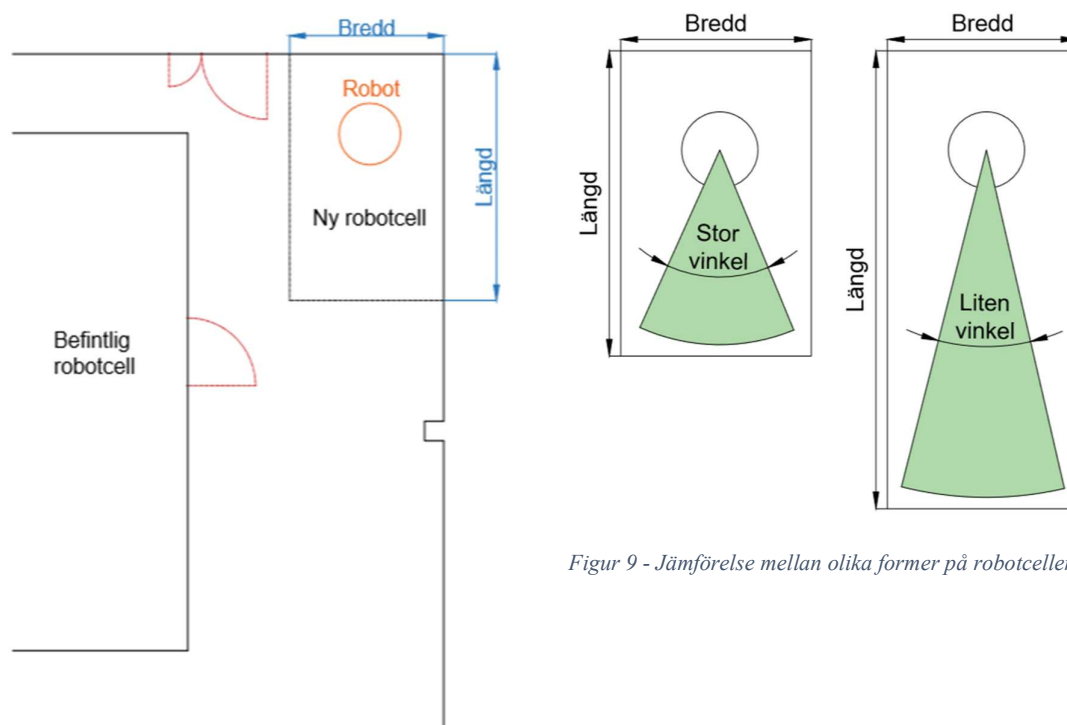
5.2 Enligt annan standard

Då maskinen i det här fallet är en industrirobot faller den också under SS-EN ISO 13850, vilket är en standard som reglerar nödstoppfunktioner. Alla maskiner som uppfyller kriterierna i denna standard ska utrustas med ett nödstopp [12]. Ett sådant stopp får inte användas istället för andra säkerhetsåtgärder, utan skall endast vara till för oförutsebara nödsituationer. Beroende på typ av maskin kan själva stoppet fungera på flera olika sätt. I vissa fall kan det exempelvis räcka med att bryta strömmen till en motor, medan det i andra fall kan behövas bromsar eller liknande för att möjliggöra ett säkert stopp. Nödstoppet måste vara aktivt i alla lägen [12].

Den bärbara kontrollpanelen (KCP) är utrustad med ett nödstopp från fabrik. Detta ansågs dock inte vara tillräckligt då kontrollpanelen (som är bärbar med lång kabel) kan placeras en bit bort. För att säkerställa att nödstoppet alltid är lättåtkomligt beslutades det att cellen skulle förses med ytterligare ett nödstopp, vilket skall få en fast position i direkt anslutning till cellen. Dessutom är robotens styrskåp konstruerat för att ett yttre nödstopp skall tillkopplas. Utan någon form av yttre säkerhet är roboten alltså ej körbar.

6 Design av robotcell

När projektet startade hade företaget redan beslutat om var i anläggningen roboten skulle placeras. Då företaget redan har en identisk driftsatt robot i fabriken valdes den nya cellen att konstrueras i direkt anslutning till den befintliga. Detta medförde direkt vissa platsbegränsningar, då andra anordningar i närheten inte fick blockeras, se Figur 8. För att maximera arbetsytan inuti cellen valdes dess bredd till ca 2,5 meter. Den större delen av väggen mellan dörren och lokalens hörn hamnar då inuti cellen, samtidigt som det finns plats att öppna dörren strax över 90°, vilket säkrar fri passage. I längdriktningen fanns däremot inget fast hinder att ta hänsyn till. Längden på ca 4 meter valdes istället utifrån att ge cellen en proportionerlig form. En mycket långsmal arbetsyta hade inneburit att robotarmen behövde vara väldigt långt utsträckt för att nå längst fram. Detta hade i sin tur minskat möjligheten till rörlighet i sidled, se Figur 9.

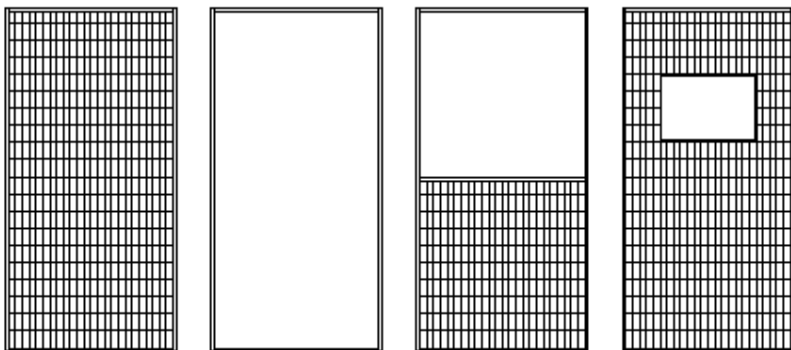


Figur 9 - Jämförelse mellan olika former på robotcellen.

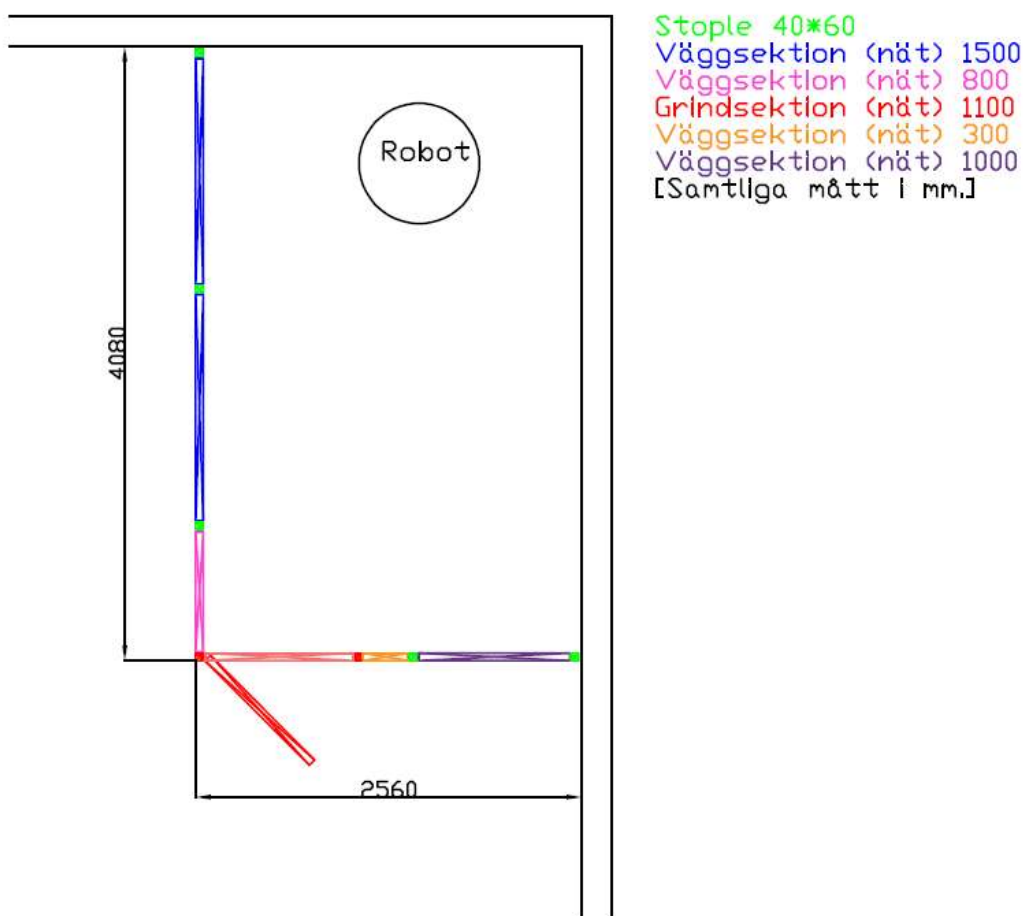
Figur 8 - Översiktspå bild av robotcellens placering.

Under riskanalysen framkom att ett avgränsande staket med grind var nödvändigt för att uppnå önskad säkerhet. Då slutsatsen att god sikt in i robotcellen var fördelaktigt blev endast staket som gick att se igenom relevanta. Efterforskningar genomfördes på internet av ett antal återförsäljare, där i princip alla leverantörer erbjöd staketsektioner i både nätmodell och med genomskinliga skivor. Det fanns även kombinationer av de båda, så som nät nedtill och genomskinligt upp till eller nät med fönsterrutor, se Figur 10. Ur säkerhetssynpunkt ansågs samtliga vara lämpliga alternativ till cellen. Den befintliga robotcellen bredvid bestod av nätstaket från tillverkaren Troax. Då detta staket uppfyllde kraven förelåg inte någon anledning att byta till en annan modell, utan istället försöktes allt göras enhetligt. I Troax utbud fanns ett system av nätsektioner med tillhörande grind som var mycket likt det befintliga. Systemet bygger på stolpar som förankras i golvet och nätsektioner av varierande bredd som kan fästas

däremellan. I produktbladet för staketet garanterar tillverkaren att staketet uppfyller samtliga krav från maskindirektivet. Genom att blanda sektioner av olika mått konstruerades en L-form med rätt mått, och en ritning skapades i AutoCAD se Figur 11, fullständig beställningslista finns i Bilaga 3. En beställning lades och staketet skulle levereras inom två veckor. Arbetet med att sätta staketet på plats skulle utföras av Borealis tekniker.



Figur 10 - Olika varianter av skyddsstaket.



Figur 11 - Ritning av robotcellens staket.

Till den grindsektion som valts medföljer ett så kallat SafeLock-lås som visas i Figur 12. Detta lås kan användas för flera olika funktioner. Dels kan det användas som olåst förregling, till exempel för att hålla en grind eller dörr i sitt stängda läge. Det finns också möjlighet att utrusta låset med en elektrisk brytare som kan kopplas till valfri funktion. Slutligen finns också en funktion för att spärra i det öppna läget, vilket illustreras i Figur 13. Då låset öppnas skickas en metallbygel ut genom låsets bakre gavel. Genom att sätta ett hänglås eller motsvarande i bygeln förhindras låset från att stängas igen. Detta är ett effektivt sätt att förhindra obehöriga från att stänga grinden och starta roboten då arbete sker inne i cellen. Det Safelock-lås om visas i Figur 12 och Figur 13 är gjort för att användas ihop med en nyckelbrytare (mekanisk brytare) men det finns lås av samma princip som är gjorda för att användas ihop med beröringsfria givare.



Figur 12 - SafeLock-lås för användning med nyckelbrytare.

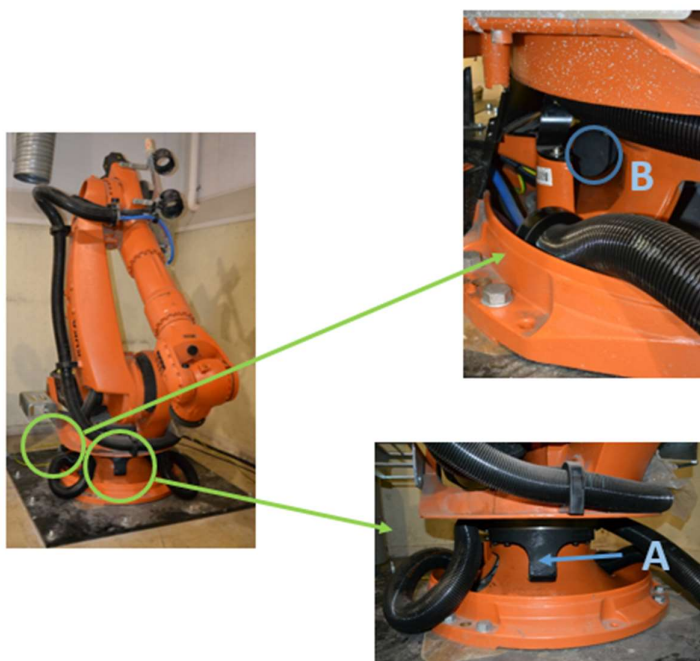


Figur 13 - Principen för att spärra ett SafeLock-lås i öppet läge.

7 Första uppstarten av roboten

För att kunna konstruera stopp som förhindrar roboten att röra sig ut genom staketet var det tvunget att kunna testköra den. Roboten hade aldrig tidigare tagits i drift så den allra första uppstarten skulle nu göras. Då detta moment ska utföras av fackman valdes att ta hjälp av servicetekniker ifrån KUKA i Göteborg. Under två arbetsdagar på plats på Borealis genomfördes en rad viktiga moment. Arbetet började med batteribyte i robotens elskåp. Då roboten förvaras länge utan strömförsörjning blir backupbatterierna till styrdatorn dåliga. Detta kan medföra att roboten tappar mastringen vid avstängning och ge upphov till diverse felmeddelanden. Till elskåpet kopplades också en byglad kontakt som möjliggör förflyttning av roboten utan att den yttre säkerhetskretsen är tillkopplad (denna kontakt kommer ersättas med en riktig så fort elskåpet är färdigt). Därefter skruvades roboten fast i fästplattan som Borealis tekniker hade monterat på golvet.

Roboten spänningssattes och startades för första gången. Det visade sig vara komplicerat att få roboten och styrenheten att börja kommunicera. Detta berodde på att samma styrsåkåp är kompatibelt med flera olika robotmodeller och måste därför initieras till rätt sorts robot. När roboten kommit igång kunde den mastras och testköras. I samråd med teknikerna från KUKA beslutades att de mekaniska stopp som roboten levererades med skulle användas för att begränsa axel 1. Principen för dessa stopp visas i Figur 14. Markeringen A visar den enhet som fästs på robotkroppen och kommer att rotera tillsammans med axel 1. Markeringen B är det mothåll som sitter fäst i robotens fot (alltså ingen rörlighet relativt golvet). Om axel 1 skulle vridas tillräckligt långt så skulle delarna A och B kollidera och därmed förhindra att roboten kör utanför staketet. Efter mycket flyttande fram och tillbaka anträffades ett läge med tillräcklig begränsning (ca 30° rörelsefrihet). Tyvärr gick inte samma metod att applicera för begränsning av axel 2, då de mekaniska stoppen inte gick att flytta tillräckligt långt. Arbetet avslutades med att mjukvarugränslägen programmerades in.



Figur 14 - Illustration av funktionen hos robotens mekaniska stopp.

8 Konstruktion av säkerhetsfunktioner

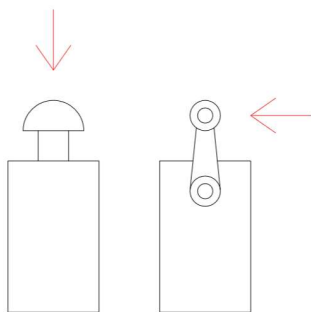
I riskanalysen identifierades ett antal åtgärder som behövde genomföras. Efter att staketet konstruerats och ett mekaniskt stopp monterats återstod punkterna nedan:

- Förse grinden med en brytare så att roboten stannar då någon öppnar.
- Varna för start av roboten utan att ha kontrollerat att cellen är tom.
- Möjliggör att grinden kan ställas i öppet läge.
- Förse roboten med stopp så den hindras från att gå utanför staketet (arbetsytan).
- Montera ett lättillgängligt nödstopp utanför cellen.
- Varna för att befinna sig inom robotens arbetsyta vid körning i läge T1 och T2.

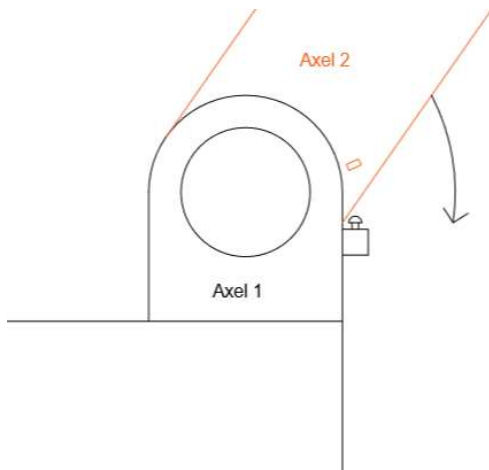
Företaget hade redan köpt in ett flertal el- och säkerhetskomponenter som var tänkta att användas ihop med roboten. Dessa inkluderade elskåp, nödstopp, säkerhetsreläer, plintar, transformator och beröringsfri grindbrytare. Under ett tidigare projekt hade också konstruktion och koppling av ett elskåp påbörjats. Vid granskning av detta arbete framkom att följande funktioner fanns och att de var uppbyggda på ett lämpligt sätt i förhållande till de risker som hade identifierats:

- Ingång för grindbrytare, koppling till säkerhetsrelä och utgång från säkerhetsrelä.
- Resetknapp och indikatorlampa för grindkrets.
- Nödstoppknapp, koppling till säkerhetsrelä och utgång från säkerhetsrelä. (Röd nödstoppknapp mot gul bakgrund, i enlighet med EN ISO 13850.)
- Resetknapp och indikatorlampa för nödstoppkrets.
- Lampa som indikerar att styrskåpet har slagit på strömmen till roboten.

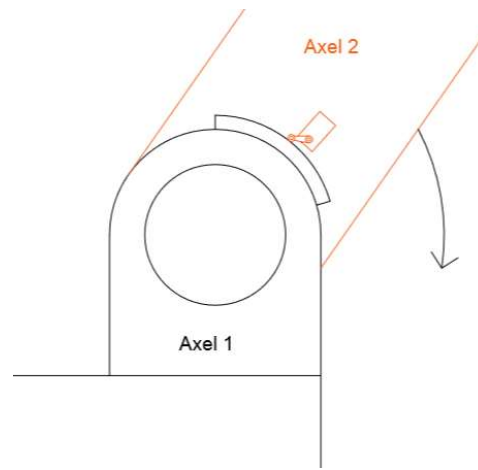
Det enda som fattades funktionsmässigt var en begränsning på robotens axel 2. Vid ytterligare granskning av elskåpet konstaterades att en brytare kunde läggas i serie med nödstoppet. Därmed saknades endast själva brytaren. En rad olika produkter undersöktes för inspiration, vilket gav att någon av de två brytarna i Figur 15 borde ge den enklaste lösningen. En närmare granskning av roboten visade att den första varianten av brytare (tryckknappsprincip) var olämplig, då den blir komplicerad att montera. Det är viktigt att det bryter på rätt ställe, samtidigt som enheten ej får krossas om roboten går för långt. Istället valdes lösningen med en brytare utformad som en vipparm. Skillnaden i placering av de två brytartyperna illustreras i Figur 16 och Figur 17. I dessa två figurer syns tydligt att en överskridning av gränsläget kommer att krossa tryckknappsbrytaren medan vipparmsbrytaren passerar ”fritt”.



Figur 15 - Alternativa varianter på brytare för begränsning av axel 2.



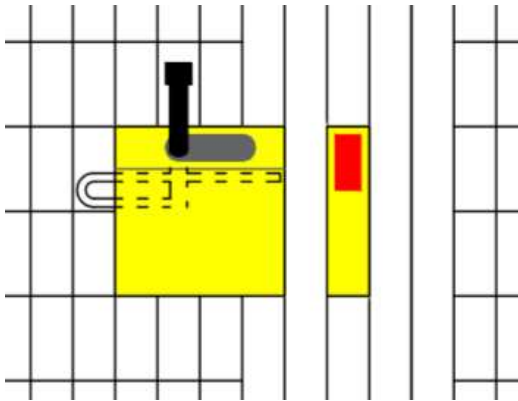
Figur 16 - Illustration av hur bryartyp 1 monteras på roboten.



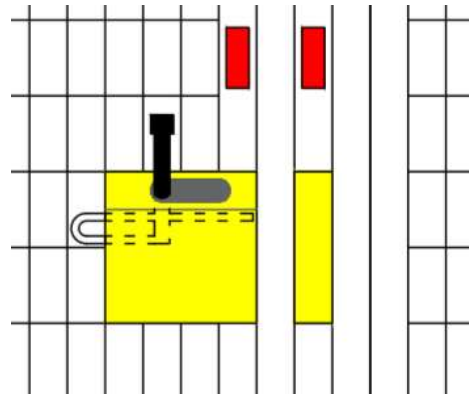
Figur 17 - Illustration av hur bryartyp 2 monteras på roboten.

Först undersöktes ABB Jokab Safety's utbud, då ett flertal av de andra säkerhetskomponenterna köpts in därifrån. Då ingen brytare av lämplig sort fanns i deras sortiment gick sökandet vidare till andra leverantörer. Schneider Electric/Telemecanique visade sig ha ett mycket stort utbud av brytare av rätt typ. Dessa går att koppla i serie med det befintliga nödstoppet. Exakt modell på brytaren berodde på hur mycket robotens räckvidd behövde begränsas. Detta kunde för stunden ej avgöras, då roboten inte kunde ställas i det läge där brytaren skulle aktiveras på grund av att säkerhetskretsen ej var tillkopplad. Då inga extra komponenter förutom brytaren behövs för installation valdes att avvakta med val av brytare tills roboten gick att förflytta. (Observera att man vid monteringen av denna bör försäkra sig om att roboten får ett tillräckligt skyddsavstånd till staketet enligt EN ISO 13857.)

Nu kunde också konstateras att det Safelock-lås som medföljde staketet inte var lämpligt att använda då robotcellen kommer att utrustas med beröringsfria givare. Det lås som medföljde bygger på principen att låskolven spärras i indraget läge och därmed ej kan påverka en mekanisk brytare. Detta hjälper inte då en beröringsfri givare används eftersom dörren ändå kan gå igen till det stängda läget. Skillnaden illustreras i Figur 18 och Figur 19. I Figur 18 syns att dörren kan gå igen till det stängda läget utan att den mekaniska brytaren (röd) påverkas. Om låset spärras i öppet läge är robotcellen alltså säker. Figur 19 illustrerar att denna modell av lås ej fungerar med beröringsfria givare eftersom givarna (röda) nu hamnat i "kontakt" trots att låset står i öppet läge. Istället beställdes en annan typ av Safelock-lås anpassat för beröringsfria givare. Detta lås bygger på samma princip, men en av givarna placeras på låskolven så att handtaget måste dras till stängt läge för att kontakt skall kunna uppstå.

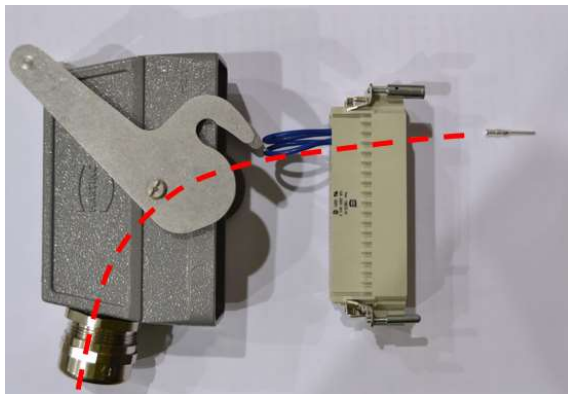


Figur 18 - Safelock-lås med avsedd mekanisk brytare.



Figur 19 - Safelock-lås med en beröringsfri givare.

Arbetet gick sedan vidare till det gränssnitt som ansluter de yttre säkerhetsfunktionerna (elskåpet) till robotens styrskåp. Förbindelsen sker via en 108 polig hartingkontakt som visas i Figur 20 och Figur 21. Var och en av utgångarna från elskåpet ansluts till en kabel som träns genom huset till hartingkontakten, förses med ett kontaktstift och fästes på rätt plats i den beige hållaren. Stiftens ordning bestäms av de inbyggda funktionerna i robotens styrskåp, vilket gör det mycket viktigt att de placeras rätt. En övergripande illustration av sammankopplingen kan ses i Figur 22. Beskrivning av funktion för samtliga av kontaktens stift fanns i robotens manual. Granskning av denna påvisade att ritningen som tillhörde elskåpet innehöll felaktiga anvisningar om vilken funktion som skulle kopplas till vilket stift. Ritningarna reviderades enligt informationen i robotens manual.

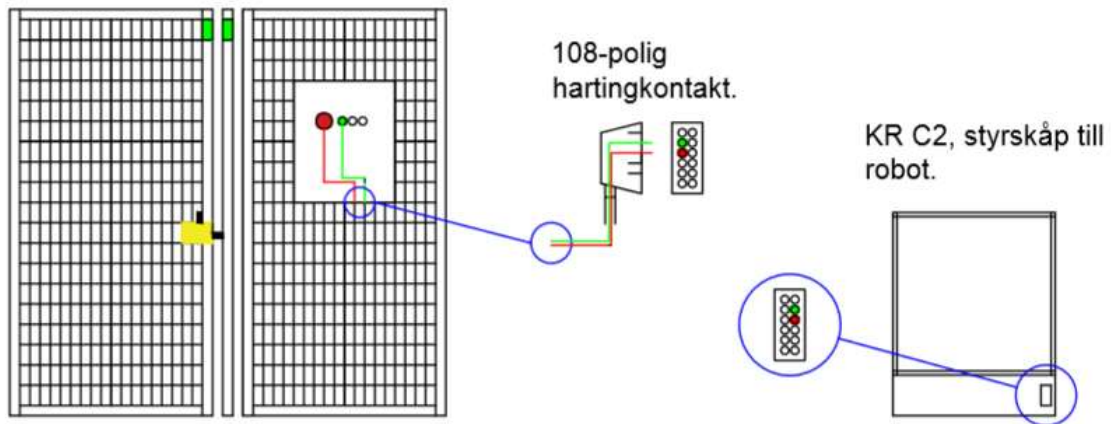


Figur 20 - 108-polig hartingkontakt för kommunikation mellan elskåp och robotstyrning.



Figur 21 - 108-polig hartingkontakt.

Robotcell med elskåp.
(Nödstoppknapp och grindbrytare
med mera sitter här.)



Figur 22 - Principskiss för sammankoppling av elskåp och robotens styrskåp.

Då ritningarna reviderats kunde kopplingsarbetet påbörjas. För att fästa stiftet till hartingkontakten på kablarna behövs en speciell tång som klämmer runt om stiftet så att kabeln fixeras inuti se Figur 23. Efter omfattande efterforskningar framgick det att ingen tång av rätt typ fanns på Borealis. Verktuget fick istället köpas in hos Elfa distrelec. På grund av lång leveranstid fick arbetet skjutas upp tillsvidare.



Figur 23 - Tång som används till att fästa hartingstift på en kabel.

9 SISTEMA-beräkningar

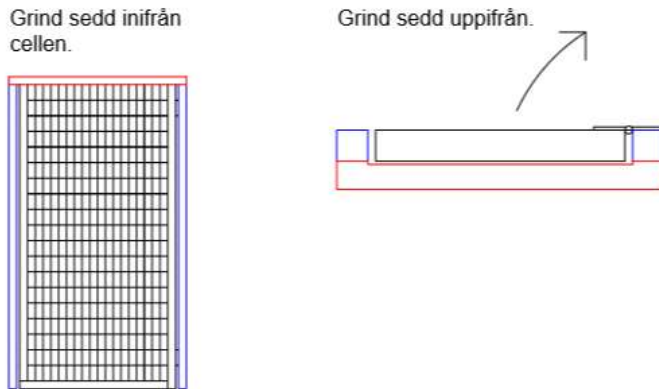
För varje enskild säkerhetsfunktion skall en PL_r bestämmas och dokumenteras. Valet av PL_r ska grunda sig i resultaten från riskanalysen [10]. SISTEMA är ett verktyg som används för att beräkna uppnådd PL hos ett skyddssystem. Det används också för att ta fram teknisk dokumentation av skyddssystem. Skyddssystem består oftast av flera säkerhetsfunktioner, som i sin tur kan bestå av flera säkerhetskomponenter. Uppnådd PL för hela systemet påverkas således direkt av hur väl varje enskild funktion och komponent presterar. Många tillverkare av säkerhetskomponenter gör idag sitt produktbibliotek åtkomligt i SISTEMA. Detta underlättar beräkningarna ytterligare då samtliga värden redan finns att tillgå direkt i programmet.

I detta projekt innefattar skyddssystemet nödstoppsfunktion, grindbrytare och begränsning av robotens axel 2. Säkerhetskomponenterna i elskåpet till roboten består enbart av Jokab Safety's produkter från ABB. Av dessa uppfyller samtliga PL e, kategori 4. Riskanalysen påvisade att $PL_r=d$ för samtliga skyddsfunktioner för roboten. PL d var också den nivå som SISTEMA-beräkningarna resulterade i. Då modell på gränslägesgivaren ännu ej fastställts fick denna utelämnas från beräkningarna. När en givare väl köps in går det dock väldigt enkelt att lägga till den i analysen för att säkerställa att $PL_r = d$ uppnås. En robotcell medför ofta höga risker, vilket gör det nödvändigt att uppnå en hög PL i säkerhetskretsen. Det enda som förhindrade säkerhetsfunktionerna från att uppnå PL e var styrskåpet till roboten, vilket endast uppfyllde PL d, kategori 3. För att uppnå PL e för hela cellen hade en annan robot med ett annat styrskåp behövt användas. För fullständig teknisk dokumentation se Bilaga 5.

10 Avslutande arbete

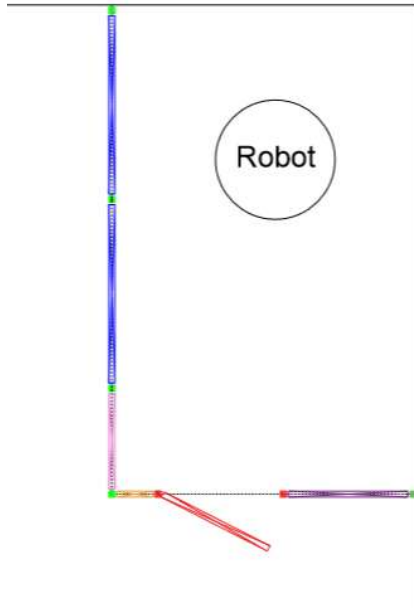
Då projektet började närma sig sitt slut var robotcellens staket fortfarande inte på plats. Leveransen hade anlänt till Borealis, men på grund av tidsbrist hade företagets tekniker ännu ej monterat det. För att komma vidare i projektet deltog därför vi själva i monteringsarbetet.

För att staketets placering skulle bli optimal monterades sektionerna ihop till en L-form innan de förankrades i golvet. Hela staketet kunde då flyttas som en enhet, så att glipor mellan staket och väggar kunde minimeras. Principen för att fästa grindsektionerna vid stolparna var mycket enkel och monteringen gick snabbt. Däremot uppstod problem då hörnet på staketet skulle skapas. En speciell monteringsatts avsedd för hörn beställdes ihop med staketet men den visade sig inte passa, trots att leverantörens säljare rekommenderade monteringsatts. Dessutom var det omöjligt att placera dörren i direkt anslutning till hörnstolpen på grund av ett tvärstag se Figur 24. Det rödmarkerade tvärstaget fixerar avståndet mellan grindstolparna i ovankant. Detta förhindrar att grinden placeras i anslutning till hörnet då nästa staketsektion ej längre kan fästas i 90° vinkel mot dörren (hörnstolpen blir blockerad på den sida där nästa sektion skulle fästas).

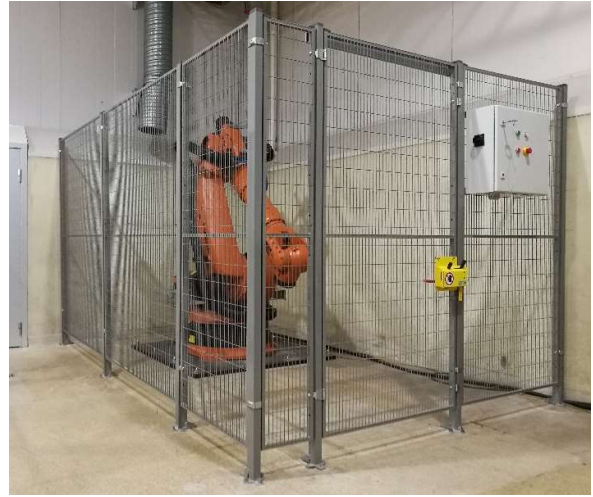


Figur 24 - Illustration av det tvärstag som fixerar avståndet mellan grindstolparna.

Efter en kort överläggning beslutades att dörren skulle flyttas längre åt höger och den smala nätsektionen placeras i anslutning till hörnet istället se Figur 25. Den sektion som ursprungligen skulle ha fästas med hörnmonteringsatts skruvades istället direkt i stolpen. Hela staketet förankrades i betonggolvet med expanderbultar. Elskåpet hängdes upp på staketet. Enligt EN ISO 13850 som reglerar nödstoppsanordningar, skall en nödstoppknapp placeras mellan 0,6 och 1,7 meter från golvet, vilket togs i beaktande vid elskåpets placering [12]. Resultatet syns i Figur 26.



Figur 25 - Ritning av robotcellens staket efter att grinden flyttats.



Figur 26 - Robotcellen efter att staket och elskåp monterats.

11 Slutsats och diskussion

Vi kan i slutet av projektet göra det övergripande konstaterandet att konstruktion och driftsättning av robotcellen tagit mer tid och varit mer omfattande än vad som insågs vid arbetets start. Att utföra teoretiskt konstruktionsarbete, parallellt med fysiskt monteringsarbete, har emellanåt varit mycket svårt då delar av arbetet byggt på varann. Det har varit svårt att planera arbetet så att de olika deluppgifterna alltid har legat i fas, vilket har resulterat i att arbetet på vissa fronter ibland har stått stilla. På grund av att arbetet blivit mer omfattande än vad som förutsågs har dessvärre ej hela syftet med projektet kunnat uppfyllas. Roboten är i slutet av projektet ej helt driftsatt men arbetet har kommit en lång bit på väg och tre av fyra av projektets frågeställningar kan nu besvaras.

Den första av de fyra frågeställningar var: *Hur behöver roboten anpassas för den givna arbetsytan? Finns det platsbegränsningar?* Detta kunde besvaras i samband med att robotcellen konstruerades. Då företaget önskade bygga den nya robotcellen i anslutning till den befintliga, fick cellen anpassas efter den yta som fanns att tillgå. Det innebar att roboten behövde begränsas på två av sina sex axlar (axel 1 och axel 2). Speciellt axel 1 behövde en omfattande begränsning då den ursprungligen hade en rörelsefrihet på strax över 360°, men i denna cell kommer att hamna på ca 30°. För begränsning av axel 2 konstaterades att de medföljande mekaniska stoppen ej kunde flyttas till ett lämpligt läge. Istället behöver roboten förses med en elektrisk brytare som hindrar axel 2 från att gå för långt och orsaka skada.

Den andra frågeställningen *Vilka säkerhetsfunktioner krävs för PL d?* visade sig under riskanalysen vara en mer komplex fråga än vad som förväntats vid projektets start. Denna frågeställning kan ej besvaras ensam utan relaterar direkt till den riskanalys som utfördes för robotcellen. Genom att studera varje arbetsmoment och tillhörande risker fås en uppfattning om hur stora säkerhetsåtgärder som behöver vidtas. Här skall tas i beaktande att den sammanvägda bedömningen av en risk i PL_r ej är ett exakt mått. En PL_r är en sammanvägning av de tre faktorerna S, F och P där var och en kan ligga på låg eller hög nivå. Vad som är en låg eller hög nivå för de olika faktorerna är inte exakt definierat, det finns tumregler och utifrån dessa måste en bedömning ske. Som exempel kan *Uppstart av robotcellen: Risk att person(er) befinner sig inom robotens arbetsyta* studeras. Konstaterandet att detta kan orsaka allvarliga skador och att det är svårt att undvika skada om man skulle befinna sig i cellen är en självklar bedömning. Däremot är det mycket svårt att definiera huruvida detta är något som operatören utsätts för ofta. Hade vi i detta projekt bedömt även faktorn P till hög nivå så hade detta resulterat i $PL_r = e$. Det är alltså viktigt att PL-begreppet främst är en indikation.

För den robotcell som hanterats i detta projekt framkom ett flertal risker på $PL_r = d$ och ett antal åtgärder ansågs nödvändiga. Men som tidigare nämnts är denna frågeställning mer komplex än vad som uppfattades då frågeställningen sattes upp. En rad olika åtgärder krävs för att göra robotcellen säker (se avsnitt 5), av dessa är det tre som direkt kan anses vara del av ett styrsystem:

- Förse grinden med en brytare så att roboten stannar då någon öppnar.
- Förse roboten med stopp så den hindras från att gå utanför staketet (arbetsytan).
- Montera ett lättillgängligt nödstopp utanför cellen.

För dessa tre var det viktigt att minst PL d uppnåddes då riskerna de reducerar är mycket allvarliga ($PL_r = d$). Sammanfattningsvis krävs det att dessa elektriska säkerhetssystem har

redundans och att de inkluderade komponenterna har lång medeltid till fel, vilket gör att systemet som helhet får låg risk för tekniskt fel.

Den tredje frågeställningen *Hur kan vi garantera att vi har uppnått PL d i praktiken?* visade sig också få en aningen förändrad innebörd under projektets gång. Precis som nämndes ovan så innebär PL d inte någon checklista med krav som skall uppfyllas, utan åtgärderna som krävs för en viss maskin eller ett system bygger på de risker som kan uppstå. För robotcellen i det här projektet innebär det att åtgärderna enligt avsnitt 5 utförs. För de tre åtgärderna som innefattar grindbrytaren, det elektriska gränsläget och nödstoppet kunde programvaran SISTEMA användas för att verifiera att uppnådd $PL \geq PL_r$. För grindövervakningskretsen och nödstoppet visade beräkningarna att PL d hade nåtts. För axelbegränsningen kunde en fullständig beräkning ej utföras då säkerhetsdata på brytaren saknades, men beräkningen kan lätt utökas när en brytare införskaffats. Av beräkningarna framkom också den mycket intressanta slutsatsen att det är robotens styrskåp som är systemets flaskhals. Samtliga komponenter i elskåpet uppfyller PL e, kategori 4, det är enbart robotens styrskåp som endast når PL d, kategori 3. Eftersom att alla signaler från yttre säkerhetskretsar måste kopplas via robotens styrskåp för att kunna påverka roboten kan cellen alltså aldrig nå PL e utan att styrskåpet byts ut.

Den fjärde och sista frågeställningen som berör vilken typ av övningsuppgifter som är lämpliga för driftspersonalen har dessvärre inte besvarats på grund av tidsbrist. Planen var vid projektets början att roboten skulle driftsättas och därefter förses med övningsuppgifter. Då driftsättningen och CE-märkningen blev en mer utdragen process än vad som förutspåts återstår fortfarande ett par moment. Den elektriska gränslägesbrytaren till axel 2 måste beställas och sättas på plats enligt de reviderade ritningarna i Bilaga 4. Gränssnittet mellan elskåpet och robotens styrskåp måste färdigställas enligt ritningar i Bilaga 4. Detta kan ske då specialverktyg för fastsättning av hartingstiften på kabeln levereras till Borealis (verktyget beställdes men hann inte komma fram innan projektets slut). Safelock-låset som sitter på cellen (syns i **Fel! Hittar inte referenskölla.** på föregående sida) behöver bytas ut mot det Safelock-lås lämpligt för beröringsfria givare (detta beställdes men hann inte komma fram innan projektets slut). Slutligen måste också en bruksanvisning sammanställas där bland annat de varningar som konstaterats nödvändiga i denna rapport bör finnas med.

Sammantaget har projektet givit mycket erfarenhet kring komplexiteten och svårigheterna med riskanalys och val av säkerhetsåtgärder. Trots att hjälp tagits av både standarden EN ISO 13849, boken *Vägledning för tillämpning av maskindirektivet* och *Säkerhetshandboken, Maskinsäkerhet* från Jokab safety har det varit svårt att bedöma vad som är en tillräcklig åtgärd. Det har också vid flera tillfällen varit svårt att försäkra att samtliga standarder som är applicerbara faktiskt har uppfyllts. Vid läsning i de olika dokumenten refereras det ofta vidare till ytterligare standarder, vilket har gjort det svårt att få en överblick. Ett konstaterande kan göras att ett mycket stort ansvar vilar på den som tillverkar/driftsätter en maskin och att det krävs mycket arbete för att kunna garantera överensstämmelse med maskindirektivet. Samtidigt har projektet också givit en ökad förståelse för vikten av att maskindirektivet efterföljs. Genom att följa maskindirektivet och harmoniserade standarder kan man som maskintillverkare undvika att begå misstag som riskerar att leda till allvarliga personskador.

12 Referenser

- [1] Swedish Standards Institute, "Maskindirektivet", *www.sis.se*, 2017. [Online]. Tillgänglig: <http://www.sis.se/tema/maskinsakerhet/Maskindirektivet/>. Hämtad: 2017-05-21.
- [2] Europakommissionen, "Machinery", *ec.europa.eu*, 2017. [Online]. Tillgänglig: <http://ec.europa.eu/growth/sectors/mechanical-engineering/machinery/>. Hämtad: 2017-05-21.
- [3] Europakommissionen. *Vägledning för tillämpning av maskindirektivet 2006/42/EG*. Andra utgåvan, Bryssel, Belgien: Europakommissionen, 2010.
- [4] Swedish Standards Institute, "CE-märkning mot flera direktiv (nyhet)", *www.sis.se*, 2015. [Online]. Tillgänglig: <http://www.sis.se/Nyheter-och-press/Nyheter/CE-markning-mot-flera-direktiv/>. Hämtad: 2017-05-22.
- [5] M.Lenner, *Maskindirektivet – 101 frågor och svar*, Stockholm, Sverige: SIS förlag AB, 2011.
- [6] IFA, "Software-Assistent SISTEMA", *www.dgmv.de*, 2017. [Online]. Tillgänglig: <http://guides.lib.chalmers.se/c.php?g=500672&p=3428597>. Hämtad: 2017-05-20.
- [7] KUKA, "The history of KUKA", *www.kuka.com*, 2017. Tillgänglig: <https://www.kuka.com/en-us/about-kuka/history>. Hämtad: 2017-05-25.
- [8] KUKA Roboter GmbH, *KUKA System Software 5.6, Operating and Programming Instructions for System Integrators*, Augsburg, Tyskland, 2010.
- [9] KUKA Roboter GmbH, *KR C2 edition2005 Driftsinstruktion*, Augsburg, Tyskland, 2010.
- [10] CEN, "Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design (ISO 13849-1:2015)", SIS, Stockholm, Sverige.
- [11] ABB Jokab Safety, "Säkerhetshandboken Maskinsäkerhet – Jokab safety, Erfarenhet – System – Produkter", *library.e.abb.com*, 2014. [Online]. Tillgänglig: https://library.e.abb.com/public/3407fdd99df6ccc0c1257c40003982e8/Safety%20Handbook_SE_2TLC172001C3402.pdf. Hämtad: 2017-05-24.
- [12] CEN, "Safety of machinery – Emergency stop function – Principles for design (ISO 13850:2015)", SIS, Stockholm, Sverige.

Bilaga 1 - Riskanalys

Att befinna sig inom robotens arbetsyta då den är i drift innebär alltid en risk för att klämmas eller utsättas för ett kraftigt slag.

Arbetsmoment: 1. Uppstart av robotcellen.

Risk: Person(er) befinner sig inom robotens arbetsyta.

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 2. Mastring av roboten. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: Risk att köra på person(er) med roboten (mjukvarugränser fungerar ej i omastrat läge).

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 2. Mastring av roboten. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt.

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 2. Mastring av roboten. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta.

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 3. Serva roboten.

Risk: Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 4. Byta verktyg på roboten. (Till exempel sätta dit ny penna eller en laserpekare.)

Risk: Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 4. Byta verktyg på roboten. (Till exempel sätta dit ny penna eller en laserpekare.)

Risk: Verktyget kan monteras felaktigt (så att det faller av vid körning).

S: S1

F: F1

P: P1

Sammanvägd risk, PL_r: a

Arbetsmoment: 5. Byta ut en komponent för testning.

Risk: Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 6. Köra roboten i manuellt läge. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: Operatören kan styra fel och skicka robotarmen utanför arbetsytan. (Personer i närheten kan skadas.)

S: S2

F: F2

P: P1

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 6. Köra roboten i manuellt läge. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt.

S: S2

F: F2

P: P1

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 6. Köra roboten i manuellt läge. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta.

S: S2

F: F2

P: P1

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 7. Skriva programkod.

Risk: Ingen identifierad risk.

Arbetsmoment: 8. Testköra programkod.

Risk: Felskriven kod kan få roboten att köras utanför arbetsytan.

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 8. Testköra programkod.

Risk: Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt.

S: S2

F: F2

P: P1

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 8. Testköra programkod. (Körning i valfritt driftsätt.)

Risk: En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta.

S: S2

F: F2

P: P1

Sammanvägd risk, PL_r: d

Arbetsmoment: 9. Städning av arbetsytan.

Risk: Operatören måste uppehålla sig inom arbetsytan.

S: S2

F: F1

P: P2

Sammanvägd risk, PL_r: d

Bilaga 2 - Beslut om säkerhetsåtgärder

För var och en av de identifierade riskerna måste man överväga ifall åtgärd krävs och i så fall vilken typ av åtgärd.

Arbetsmoment: 1. Uppstart av robotcellen.

Risk: Person(er) befinner sig inom robotens arbetsyta.

Beslut: Detta är en risk som behöver åtgärdas. Då roboten emellanåt behöver gå att komma åt så är det omöjligt att göra en fast inbyggnad. Istället skall ett staket med en grind sättas upp (Åtgärd 1). Detta ansågs dock inte reducera risken tillräckligt, då det lätt går att öppna grinden och kliva in under ett pågående program. Därför beslutades att ytterligare åtgärd i form av en grindbrytare krävdes (Åtgärd 2). Denna åtgärd minskar drastiskt risken att en person(er) av misstag beträder det farliga området under pågående automatkörning. Den återstående risken uppstår om flera personer arbetar med/vid roboten parallellt. En person skulle kunna vistas i cellen då någon annan stänger grinden och startar roboten. Här ansågs ytterligare åtgärd behövas och det konstaterades att cellen skulle utrustas med ett lås som går att spärra i öppet läge. I kombination med låset skall det också finnas en varning för att starta utan att kontrollera att robotcellen är tom på personal (Åtgärd 3).

Arbetsmoment: 2. Mastring av roboten. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: Risk att köra på person(er) med roboten (mjukvarugränser fungerar ej i omastrat läge).

Beslut: Vid två av robotcellens fyra sidor finns risk att roboten kör utanför arbetsytan. Detta ansågs vara en risk som behöver reduceras. Då det inte är möjligt att modifiera roboten beslutades att ett tekniskt skydd behövs i form av elektriska eller mekaniska stopp som hindrar robotens rörelse (Åtgärd 4).

Arbetsmoment: 2. Mastring av roboten. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt.

Beslut: Åtgärd krävs. Robotens tyngdpunkt beror direkt på dess konstruktion och flyttas kontinuerligt då roboten rör sig. Det enklaste och mest effektiva sättet att förhindra att den välter var att fästa den i golvet (Åtgärd 5).

Arbetsmoment: 2. Mastring av roboten. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta.

Beslut: *Risken att en person av misstag passerar in i robotens arbetsyta har reducerats kraftigt genom åtgärd 1 (staket). Risken att en annan person än operatören kliver in i cellen under manuell körning anses tillräckligt reducerad genom driftsläget T1/T2. (I detta fall kan roboten endast köras genom att operatören manuellt styr roboten samtidigt som han håller KCP:ns hålldon i rätt läge. Operatören har då stor möjlighet att avsluta körningen om någon passerar in.) Risken att operatören själv kliver in i cellen under manuell körning reduceras genom en varning (Åtgärd 6). (Varna operatören för att passera in i cellen under manuell körning.)

Arbetsmoment: 3. Serva roboten.

Risk: Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.

Beslut: Denna risk anses tillräckligt reducerad genom åtgärd 1, 2 och 3 ovan. (Roboten stannar automatiskt då man öppnar grinden för att börja arbetet. Genom att kunna ställa grinden i öppet läge och varna för att starta då någon befinner sig inom arbetsytan minimeras risken för oavsiktlig start.)

Arbetsmoment: 4. Byta verktyg på roboten. (Till exempel sätta dit ny penna eller en laserpekare.)

Risk: Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.

Beslut: Denna risk anses tillräckligt reducerad genom åtgärd 1, 2 och 3 ovan.

Arbetsmoment: 4. Byta verktyg på roboten. (Till exempel sätta dit ny penna eller en laserpekare.)

Risk: Verktyget kan monteras felaktigt (så att det faller av under körning).

Beslut: Risken är mycket liten och medför endast mycket små eller inga skador och anses därför inte kräva någon åtgärd.

Arbetsmoment: 5. Byta ut en komponent för testning.

Risk: Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.

Beslut: Risken är tillräckligt reducerad genom åtgärd 1, 2 och 3 ovan.

Arbetsmoment: 6. Köra roboten i manuellt läge. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: Operatören kan styra fel och skicka robotarmen utanför arbetsytan. (Personer i närheten kan skadas.)

Beslut: Denna risk anses tillräckligt reducerad genom åtgärd 4 ovan.

Arbetsmoment: 6. Köra roboten i manuellt läge. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt.

Beslut: Risken är eliminerad genom åtgärd 5 ovan.

Arbetsmoment: 6. Köra roboten i manuellt läge. (Körning i robotens driftsätt T1 eller T2.)

Risk: En person befinner sig/passerar in i robotens arbetsyta.

Beslut: Se * vid arbetsmoment 2 ovan.

Arbetsmoment: 7. Skriva programkod.

Risk: Ingen identifierad risk.

Beslut: -

Arbetsmoment: 8. Testköra programkod. (Körning i valfritt driftsätt.)

Risk: Felskriven kod kan få roboten att köras utanför arbetsytan.

Beslut: Åtgärd 4 ovan reducerar denna risk tillräckligt.

Arbetsmoment: 8. Testköra programkod. (Körning i valfritt driftsätt.)

Risk: Risk att roboten tippas på grund av skiftad tyngdpunkt.

Beslut: Åtgärd 5 ovan reducerar denna risk tillräckligt.

Arbetsmoment: 8. Testköra programkod. (Körning i valfritt driftsätt.)

Risk: En person kan befinna sig/passera in i robotens arbetsyta.

Beslut: Se * vid arbetsmoment 2 ovan.

Arbetsmoment: 9. Städning av arbetsytan.

Risk: Operatören måste befinna sig inom arbetsytan.

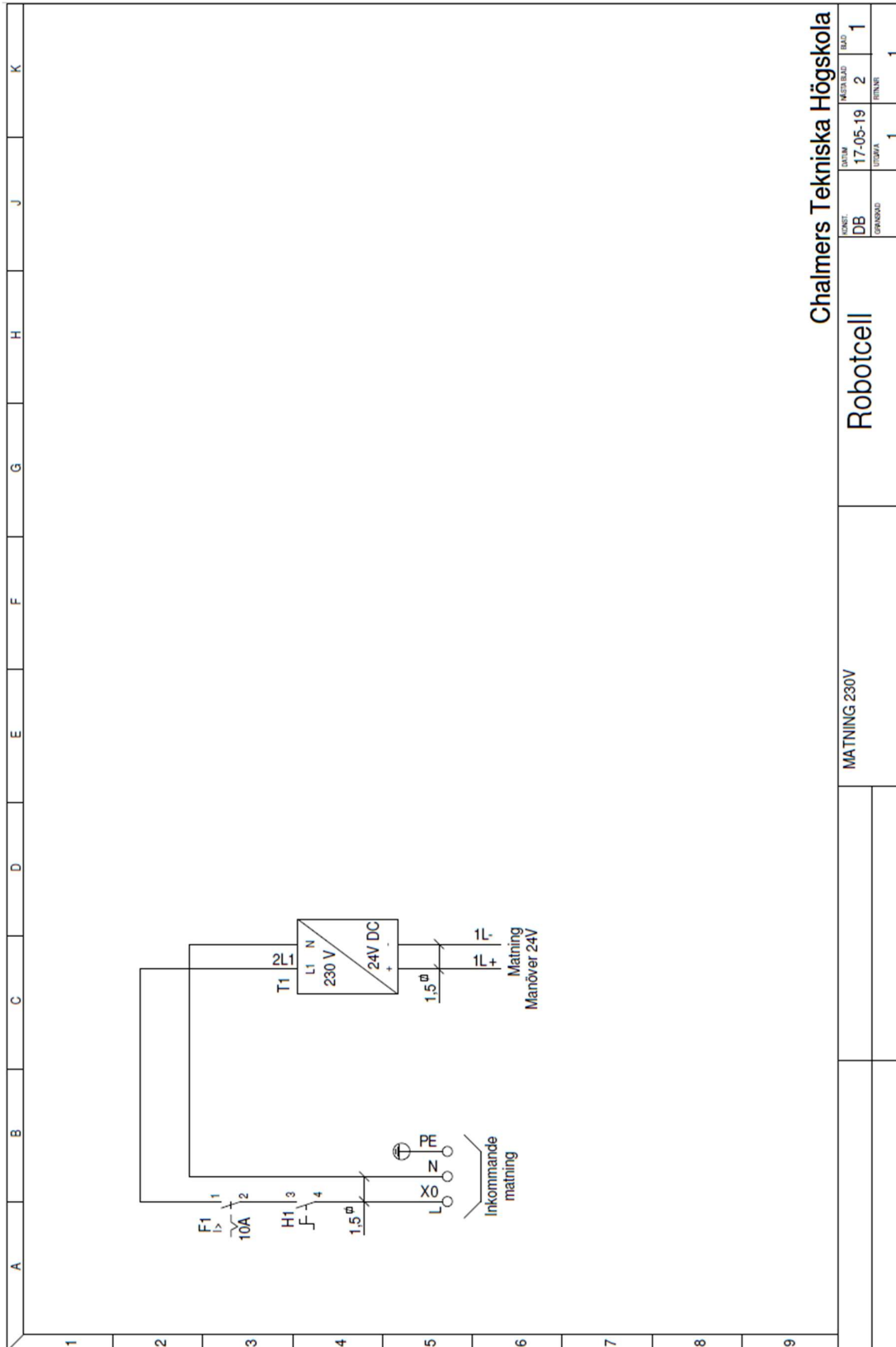
Beslut: Åtgärderna 1, 2 och 3 ovan anses vara tillräckliga.

Bilaga 3 – Beställningslista staket

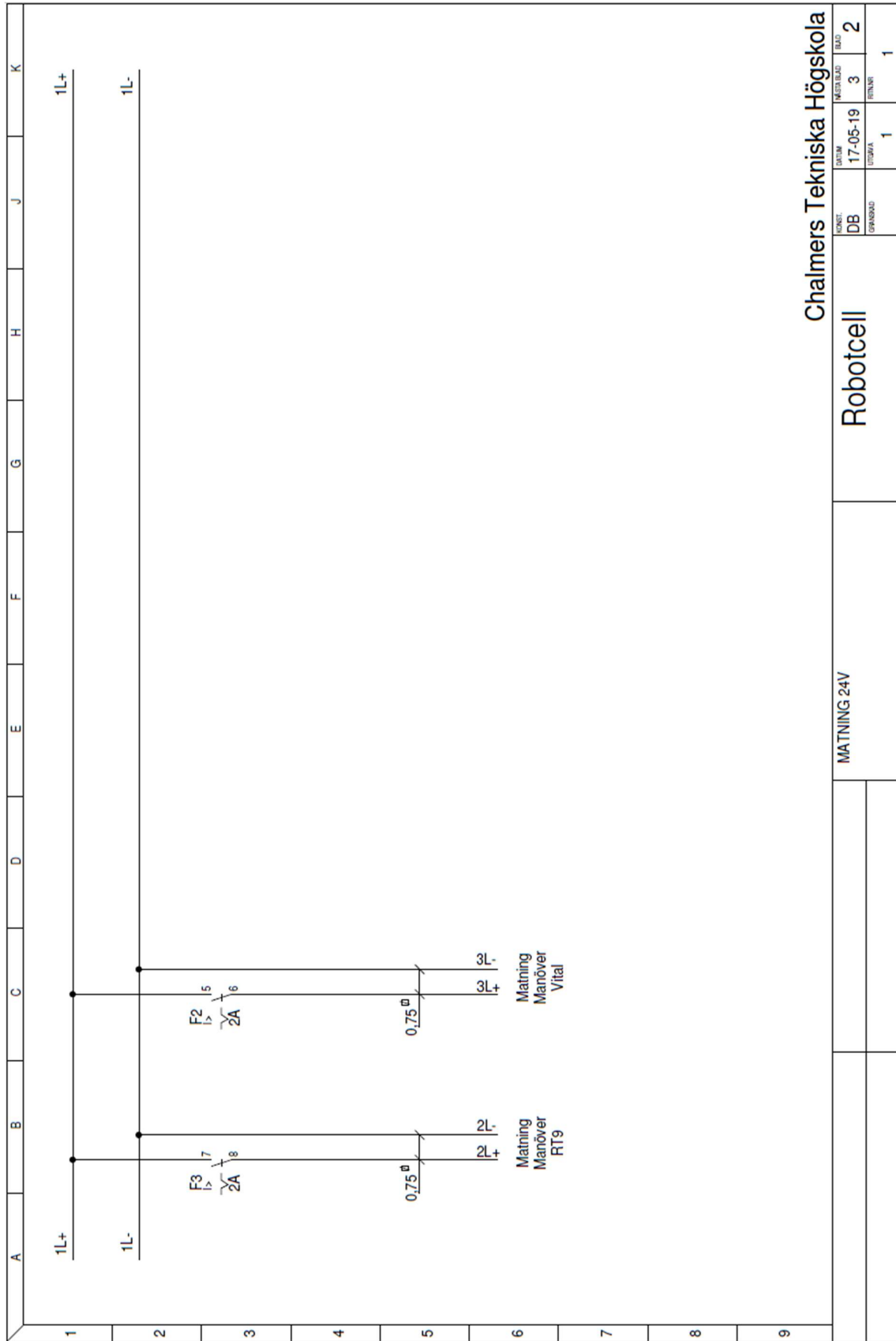
Maskinskydd från Troax, inköpt från Witre i Mölndal.

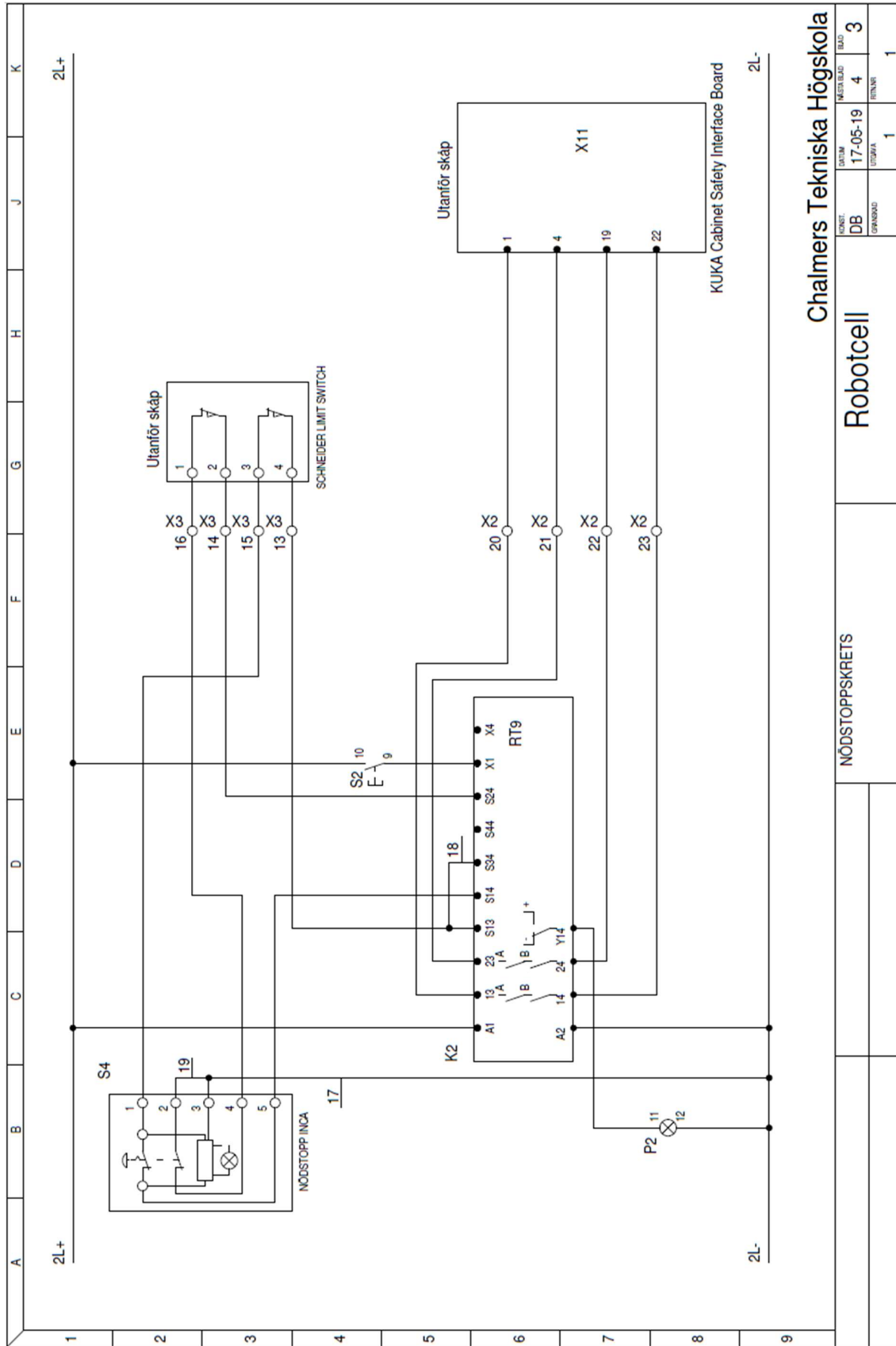
Antal	Beställningsnummer	Beskrivning	Mått [mm]	Övrigt
1	57973	Slagport Vänster	1000 (1100 med stolpar)	Inklusive två stolpar med fot.
1	57904	Sektion 1000 mm	1000	
1	57901	Sektion 300 mm	300	
2	57906	Sektion 1500 mm	1500	
1	57903	Sektion 800 mm	800	
5	57937	Stolpe med fot	50	
1	57939	Hörnbeslag 1 paket	-	För att kunna hänga väggsektion på dörrstolpe vid hörn.

Bilaga 4 – Krettschema elskåp



Chalmers Tekniska Högskola		PROJEKT	REVISJON	REVISJON	REVISJON
		DB	2	1	1
Robotcell		DATE	DATE	DATE	DATE
MATNING 230V		17-05-19	1	1	1

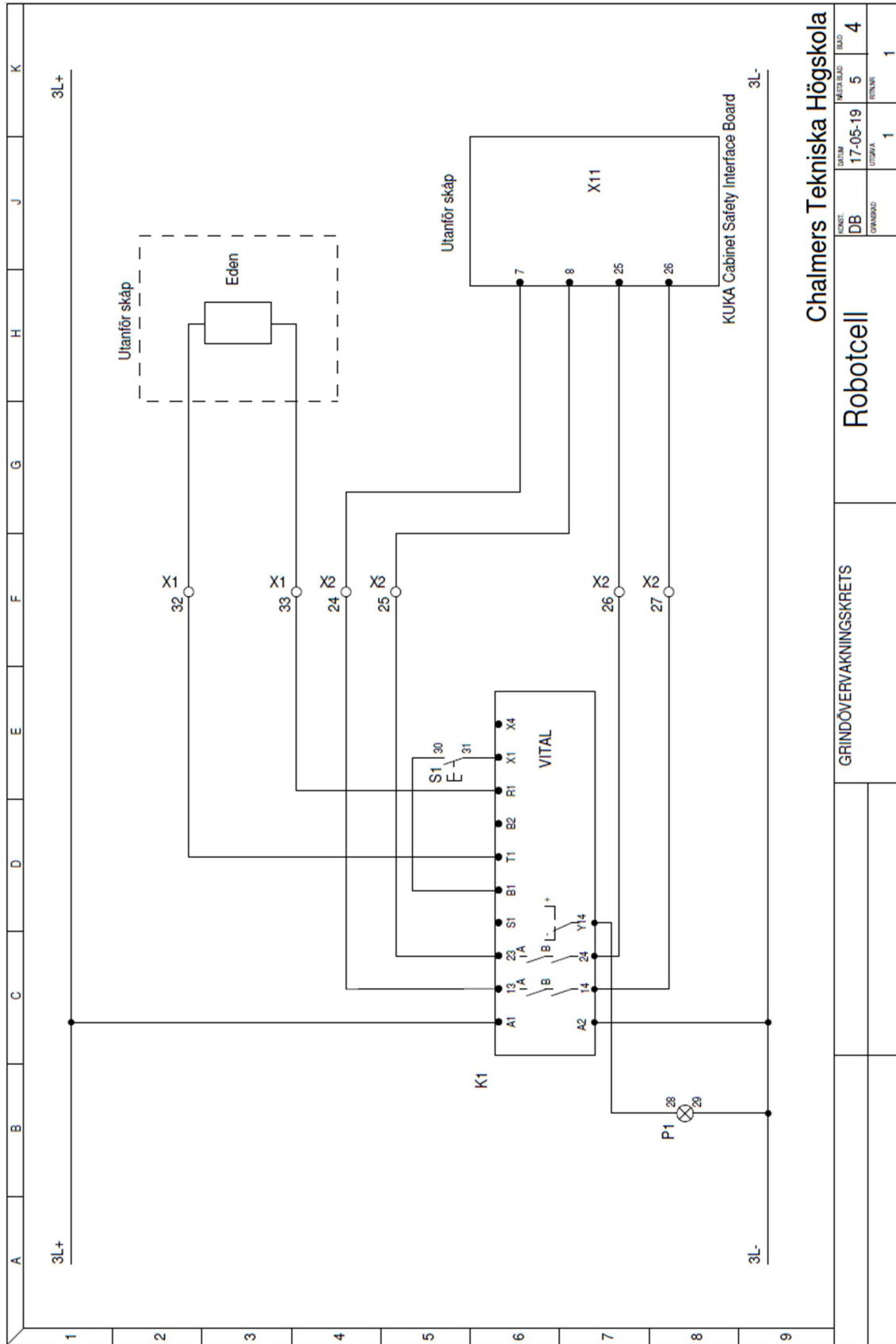




Chalmers Tekniska Högskola

Robotcell		KONSTRUKTÖR	DB	DATE	17-05-19	REVISOR	4	BLAD	3
		GRANSAD		TEKNIK			1		1

NÖDSTOPPSKRETS

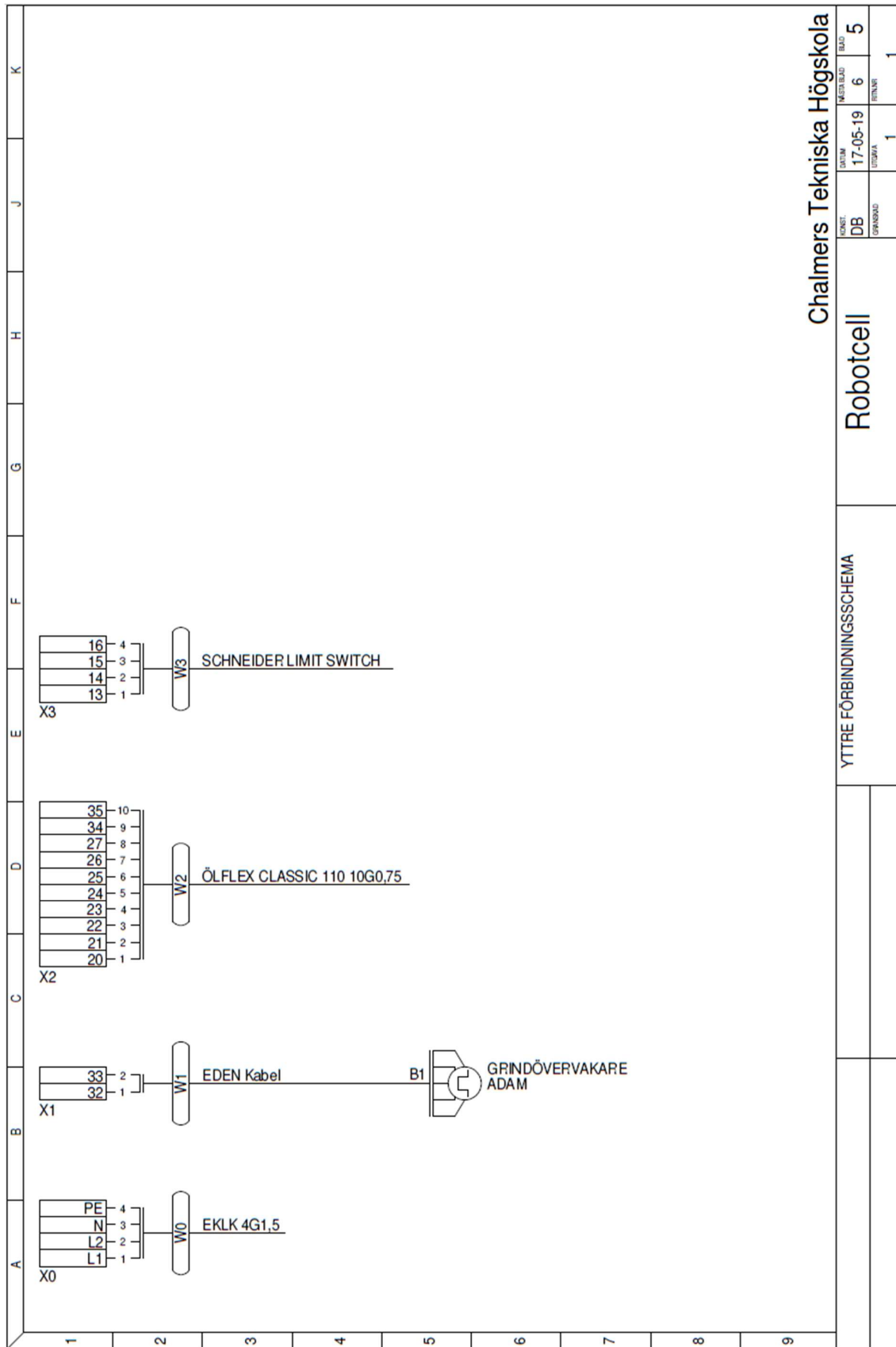


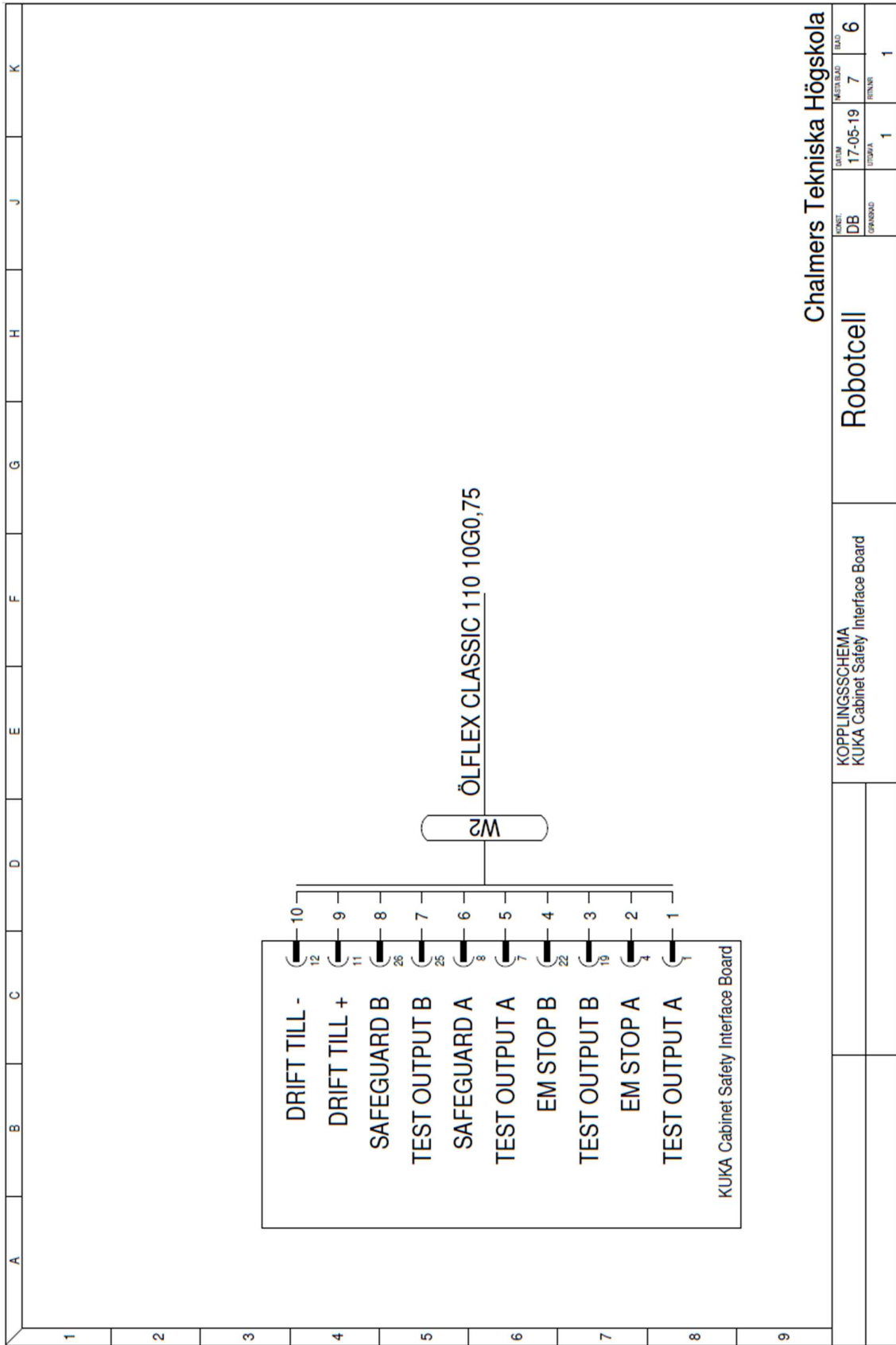
Chalmers Tekniska Högskola

PROJEKT	NUMMER	REVISJON	REVISJON
DB	17-05-19	5	4
GRUNDLAG	URDNA	1	1

Robotcell

GRINDÖVERVAKNINGSKRETETS

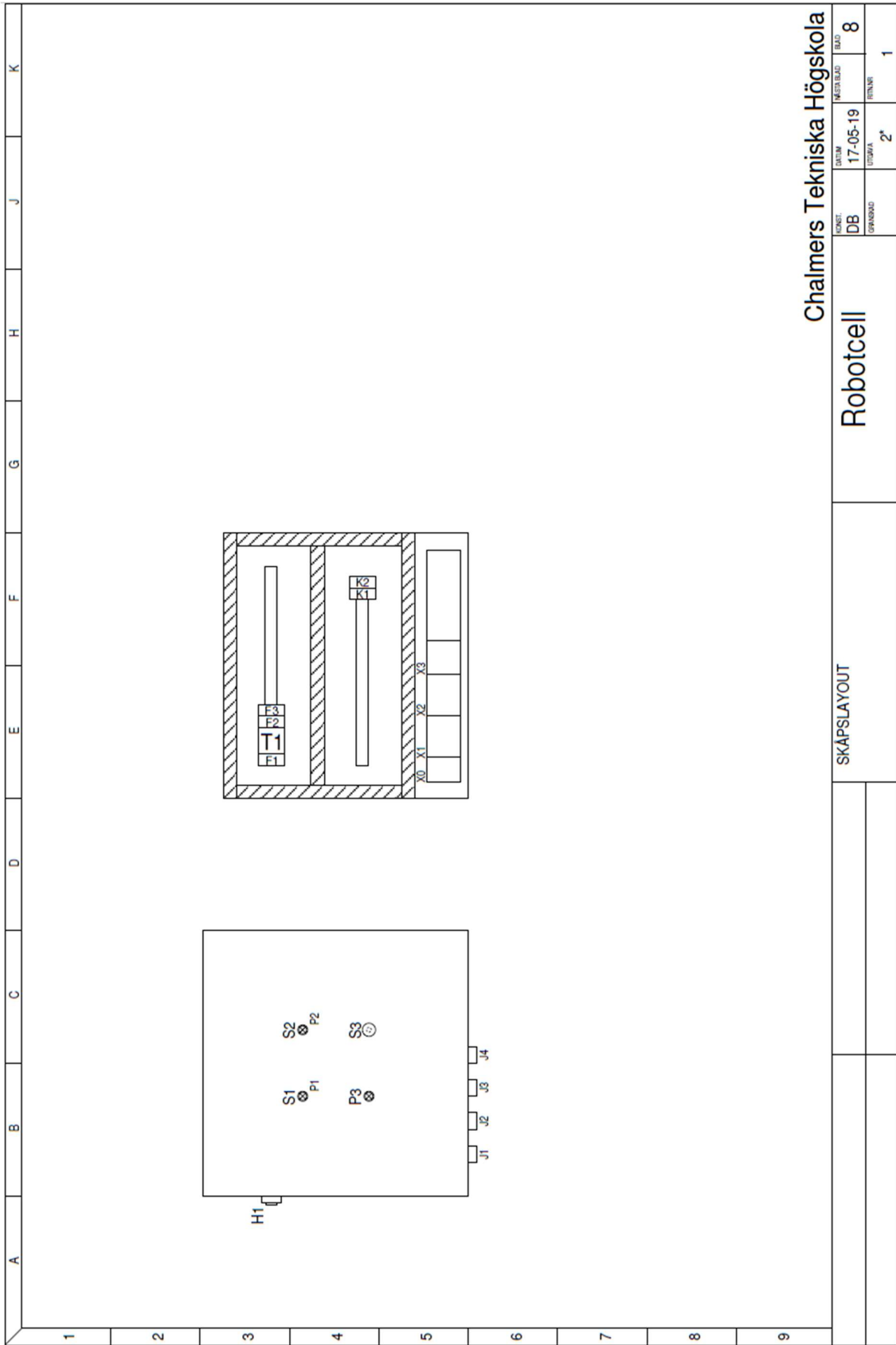




Chalmers Tekniska Högskola

	KOPPLINGSSCHEMA KUKA Cabinet Safety Interface Board	Robotcell	PROJEKT DB	DATUM 17-05-19	METODID 7	BLAD 6
			GRANSAD	UTGÅVA 1	REVISJON 1	1

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K							
1	<p style="text-align: center;"> P3 34 35 Plint i skåp </p>										Chalmers Tekniska Högskola						
2											KOPPLINGSSCHEMA KUKA Cabinet Safety Interface Board Signallampa Drift		Robotcell	KONST DB	DATUM 17-05-19	MÅTTBLAD 8	BLAD 7
3													ÖPNINGS 1	REVISI 1			
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	



Bilaga 5 – Teknisk dokumentation, SISTEMA

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine



Project name: Konstruktion och driftsättning av robotcell i enlighet med maskindirektivet för användning i utbildningssyfte

File date: 05-06-2017 19:10:40 Report date: 2017-06-06 Checksum: 9824ea12327d1f6bd0bb90ec584b22b6

PR Project name: Konstruktion och driftsättning av robotcell i enlighet med maskindirektivet för användning i utbildningssyfte

Project file name:	C:\Users\daniel\OneDrive\Exjobb 2017\SISTEMA\Konstruktion och driftsättning av robotcell i enlighet med maskindirektivet för användning i utbildningssyfte.ssm
Creation date:	05-06-2017 11:56:31
Project status:	
Project number:	
Project version:	
Authors:	Daniel Östergren Berndtson
Project managers:	
Inspectors:	
Dangerous point/machine:	
Documentation:	
Document:	
Version of software:	2.0.7 build 2
Version of standard:	ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012
Checksum:	9824ea12327d1f6bd0bb90ec584b22b6
Options:	<input checked="" type="checkbox"/> Use DC intermediate levels for calculation of PFHD (more precise) <input type="checkbox"/> MTTFD capping for category 4 lower from 2500 to 100 years.
Status:	green
Note:	There are no warnings listed for this project (or it's subordinate basic elements).

Print options

- Show Safety functions also show Subsystems
 also show Blocks also show Elements

Contained safety functions

SF Name: Grindövervakningskrets

Required: PLr d Reached: PL d PFHD [1/h]: 3,3E-7 Status: green

Contained subsystems

SB Name: Robot system KR C2

Resulting PL: d PFHD [1/h]: 3E-7 Category: 3
 MTTFD [a]: not relevant DCavg [%]: not relevant CCF Points: not relevant

SB Name: Vital1

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2,7E-8 Category: 4
 MTTFD [a]: not relevant DCavg [%]: not relevant CCF Points: not relevant

SB Name: Eden (M12)

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 4,5E-9 Category: 4
 MTTFD [a]: not relevant DCavg [%]: not relevant CCF Points: not relevant

SF Name: Nödstoppskrets

SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine


Project name: Konstruktion och driftsättning av robotcell i enlighet med maskindirektivet för användning i utbildningssyfte

File date: 05-06-2017 19:10:40 Report date: 2017-06-06 Checksum: 9824ea12327d1f6bd0bb90ec584b22b6

PR Project name: Konstruktion och driftsättning av robotcell i enlighet med maskindirektivet för användning i utbildningssyfte

Required: PLr d	Reached: PL d	PFHD [1/h]: 3,1E-7	Status: green
Contained subsystems			
SB Name: Robot system KR C2			
Resulting PL: d	PFHD [1/h]: 3E-7	Category: 3	
MTTFD [a]: not relevant	DCavg [%]: not relevant	CCF Points: not relevant	
SB Name: RT9 24 VDC			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 9,5E-9	Category: 4	
MTTFD [a]: not relevant	DCavg [%]: not relevant	CCF Points: not relevant	
SB Name: INCA 1			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 4,7E-9	Category: 4	
MTTFD [a]: not relevant	DCavg [%]: not relevant	CCF Points: not relevant	
SF Name: Gränslägesbrytare axel två			
Required: PLr d	Reached: PL d	PFHD [1/h]: 3,1E-7	Status: green
Contained subsystems			
SB Name: Robot system KR C2			
Resulting PL: d	PFHD [1/h]: 3E-7	Category: 3	
MTTFD [a]: not relevant	DCavg [%]: not relevant	CCF Points: not relevant	
SB Name: RT9 24 VDC			
Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 9,5E-9	Category: 4	
MTTFD [a]: not relevant	DCavg [%]: not relevant	CCF Points: not relevant	

**SISTEMA - Safety Integrity Software Tool for the Evaluation
of Machine Applications**



Project name: Konstruktion och driftsättning av robotcell i enlighet med maskindirektivet för användning i utbildningssyfte

File date: 05-06-2017 19:10:40 **Report date:** 2017-06-06 **Checksum:** 9824ea12327d1f6bd0bb90ec584b22b6

EXCLUSION OF LIABILITY

Care has been taken in production of the software SISTEMA, which corresponds to the state of the art. It is made available to users free of charge.

Die Software wurde gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik sorgfältig erstellt. Sie wird dem Nutzer unentgeltlich zur Verfügung gestellt.

Die Haftung des IFAs/ DGUV ist damit auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit (§ 521 BGB) bzw. bei Sach- und Rechtsmängel auf arglistig verschwiegene Fehler beschränkt (523, 524 BGB).

The IFA undertakes to keep its website free of viruses; nevertheless, no guarantee can be given that the software and information provided are virus-free. The user is therefore advised to take appropriate security precautions and to use a virus scanner prior to downloading software, documentation or information.

CONTACT

Institute for Occupational Health and Safety of German Social Accident Insurance (IFA)
Division 5: Accident Prevention / Product Safety
Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin
E-mail: sistema@dguv.de
www.dguv.de/ifa (Webcode e561582)

Date, signature of the author

Date, signature of the revisor