



CHALMERS

Experimentbaserad analys av gripdon och komponenter vid kitting och drönartillverkning i Chalmers SII- Lab

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

MARKUS KÅREBY

KEVIN LAI

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2020
www.chalmers.se

KANDIDATARBETE 2020

Experimentbaserad analys av gripdon och komponenter vid kitting och
drönartillverkning i Chalmers SII-Lab

MARKUS KÅREBY

KEVIN LAI



CHALMERS

Institutionen för industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden 2020

Experimentbaserad analys av gripdon och komponenter vid kitting och drönartillverkning i Chalmers SII-Lab

MARKUS KÅREBY

KEVIN LAI

© MARKUS KÅREBY, 2020

© KEVIN LAI, 2020

Handledare:

Patrik Fager, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Examinator: Åsa Fasth-Berglund, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Sweden

Telefonnummer +46 (0)31-772 1000

FÖRORD

Examensarbetet, 15 hp, har utförts på Chalmers Tekniska Högskola vid institutionen för industri - och materialvetenskap av två Maskinteknik, 180 hp, studenter. Projektet är genomfört på uppdrag av SII-Lab Lindholmen.

Vi vill tacka SII-Lab och personalen för samarbetet. Tack till Åsa Fasth-Berglund för att ha tagit på sig rollen som vår examinator.

Avslutningsvis vill vi tacka vår handledare Patrik Fager för all vägledning genom projektet och även respons kring utförandet av rapporten.

Markus Kåreby och Kevin Lai

SAMMANFATTNING

Industri 4.0 är framtiden för det konkurrerande företaget inom tillverkningsindustrin. För det blir allt viktigare för företag att bli mer flexibla och effektivisera automatiseringsgraden i processer inom tillverkningsindustrin och detta på grund av det allt mer specialanpassade kundbehovet. Tillverkningsindustrin består av flera olika processer, Kitting är en process som omfattar ett förberedande arbete för monteringsarbeten. Automation inom Kitting är i dagsläget inte vanligt. Anledningen är de komplexa förhållande, såsom informationshanteringen inom Bin-picking som medför svårigheter för ett robotsystem att ta fram metoder för plockning ur lådor. I denna rapport undersöks om det finns samband mellan gripdon och föremål vid plockning av drönarkomponenter i SII-Lab. En marknadsundersökning utfördes för att få förståelse för situationer de olika typer av gripdon är anpassade till och hur de skiljer sig. Drönarkomponenternas geometriska egenskaper har undersökts och hur plockningskraven kan påverkas av dessa. En utgångspunkt för dessa egenskaper var att ta fram varje drönarkomponents viloläge, detta för att undersöka situationer som uppstår vid plockning. Ett experimentplan togs fram för att effektivt undersöka alla gripdonens prestanda utifrån tre olika mätpunkter, plockbarhet, hastighet och kvalitet. Undersökning gav djupare förståelse för hur plockobjekts geometrier påverkar plockförmågan för olika gripdon. Ett gripfinger designat efter enskilda objektsformer underlättar plockningen men inga gripdonsfingrar har konstruerats i detta uppdrag. Hur objektet är orienterat i de olika vilolägena kan påverka gripdonens plockförmåga. Vidareforskning bör inkludera ett vision system och studier på mer unika situationer som kan uppstå vid Bin-picking såsom objekt som ligger i högar eller ståendes mot en vägg. Denna rapport kan användas som en grund för kommande projekt.

Nyckelord: Industri 4.0, Robot Grippers, Kitting, Drönarkomponenter, Bin-picking, Geometriska former, Vilolägen, Gripdon.

SUMMARY

Industry 4.0 is the future for competitive companies in the manufacturing industry. It is becoming increasingly important for companies to become more flexible and streamline the degree of automation in processes in the manufacturing industry, due to the ever-growing need of companies to customize their services and products for individual customers. The manufacturing industry consists of several different processes, one of which is Kitting. Kitting is a process which functions as preparatory work for assembly processes. Automation within Kitting is not currently present in this industry. One of the underlying reasons why is the complex conditions, such as the information handling within Bin-picking causes difficulties for robotic systems to develop methods for picking from boxes. This report examines whether or not there is a connection between grippers and objects when picking the drone components made by SII-Lab. A market survey was conducted to gain an understanding of situations the different types of grippers are adapted to and in what ways they differ from each other. The geometric properties of the drone components have been analyzed and how the picking requirements can be affected by these. A starting point for these characteristics was to develop the resting positions of each drone component, in order to investigate situations that arise during picking. An experimental plan was developed to effectively examine the performance of the grippers based on three different measurement points, pick ability, speed and quality. The analysis provided a deeper understanding of how the geometries of the picking objects affect the picking ability of different grippers. A finger gripper designed based on individual objects shapes would affect the picking process positively, but no finger grippers have been constructed in this project. The orientation of objects in various resting positions can affect the picking ability of the grippers. Further research should include a vision system and studies on more unique situations that may arise in Bin-picking such as objects lying in piles or standing up/leaning against a wall. This report can be used as a basis for future projects.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	6
1.1 BAKGRUND	6
1.2 SYFTE	7
1.3 AVGRÄNSNINGAR	7
1.4 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNINGEN	7
1.5 RAPPORTENS DISPOSITION	8
2 TEORETISK REFERENSRAM	9
2.1 SII-LAB	9
2.2 KITTING	9
2.3 INDUSTRIROBOTAR OCH KOLLABORATIVA APPLIKATIONER	10
2.4 ROBOT GRIPPERS	10
2.4.1 PNEUMATISKA GRIPPERS	10
2.4.2 ELEKTRISKA GRIPPERS	10
2.5 BIN-PICKING	11
2.6 GRIPDONSEGENSKAPER	12
2.7 GEOMETRISKA FORMER OCH DESS SAMBAND I PLOCKNING	12
2.8 ALLMÄNNA EGENSKAPER	13
3. METOD	15
3.1 GENOMFÖRANDE	15
3.1.1 UPPSTART OCH GENERELLT TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	15
3.1.2 LITTERATURUNDERSÖKNING	15
3.1.3 MARKNADSUNDERSÖKNING	16
3.1.4 UTFORMNING AV EXPERIMENTPLAN	16
3.1.5 ONLINE-PROGRAMMERING	16
3.1.6 VAL OCH DESIGN AV GRIPFINGER	16
3.2 DATAINSAMLING OCH ANALYS	17
3.2.1 ROBOT PLOCKFÖRMÅGA	17
3.2.2 VIOLÄGEN	17
3.2.3 BEREDNING AV MÄTVÄRDEN TILL EXPERIMENTET	18
3.2.4 OPTIMALA GREPPUNKTER	18
3.2.5 LAYOUT OCH UTRUSTNING FÖR EXPERIMENT	19
4. RESULTAT	20
4.1 UTVÄRDERING AV GRIPDONSTYPER	20
4.1.1 PARALLEL GRIPPER	21

4.1.2 *CENTRIC GRIPPER.....	22
4.1.3 *ANGULAR GRIPPER	23
4.1.4 *MAGNETIC GRIPPER	23
4.1.5 VACUUM GRIPPER.....	24
4.2 GRIPDON FÖR PLOCKNING AV DRÖNARKOMPONENTER	26
4.2.1 BATTERI	26
4.2.2 BATTERIHÅLLARE	27
4.2.3 BATTERIKLÄMMA	27
4.2.4 BEN.....	28
4.2.5 DISTANSKONTROLL	28
4.2.6 DISTANSMOTOR.....	28
4.2.7 PIXHAWK.....	28
4.2.8 LOCK	29
4.2.9 MOTOR	30
4.2.10 PIXHAWKHÅLLARE	30
4.2.11 PROPELLER.....	30
4.2.12 RAM.....	30
4.2.13 REKOMMENDATIONSLISTA	31
5 DISKUSSION.....	32
5.1 VIDARE ARBETE	33
6 SLUTSATER.....	34
6.1 SVAR PÅ FRÅGESTÄLLNING	34

1 INLEDNING

I dagens tillverkningsindustri blir det svårare för företag att anpassa sig efter kundkrav och marknadsbehov. Många produkter och tjänster kräver en mer flexibel tillverkning och många industrier saknar förmågan att anpassa sig. Svårigheterna med att ställa om till en mer flexibel tillverkning är att det krävs bättre informationsbehandling (Friberg, 2014). Detta är en viktig aspekt inom industri 4.0. Ökad flexibilitet kan innebära att data och information behöver integreras i produkten för att möjliggöra en tillverkning för en bredare efterfrågan. Industri 4.0 beskriver även bland annat om hur tekniker kan applicera i tillverkningen på ett sätt där den kognitiva automationen integreras med den fysiska automationen. Inom fysisk automation är kollaborativa robotar ett viktigt element inom materialhantering. Robotar frigör och underlättar arbetet för människan vilket kan leda till ökad flexibilitet i tillverkningsprocessen. Robotar används idag i hög grad inom bearbetningsprocesser, främst för svetsning och färgsprutning, men de används även inom materialhantering. Kitting är en typ av materialhantering där robotar förekommer även men utnyttjas inte lika mycket. Anledning till att robotar inte används för kitting är på grund av komponenterna ofta ligger osorterade huller om buller och har många olika former vilket kan medföra svårigheter vid plockning.

1.1 BAKGRUND

Stena Industry Innovation Laboratory (SII-labbet) på Chalmers är en test och demonstrationsanläggning för nästa generations smarta fabriker. Ett av de pågående projekt som undersöks på SII-labbet är hur internlogistik kan effektiviseras, där ett av de områden som fokuserar på är hur kitting processer kan förbättras med hjälp av fysisk automation (maskiner). Det är inte lika förekommande med fysisk automation inom kitting gällande tillverkningsprocesser i dagens industrier därför att det saknas en robust och effektiv Bin-picking system (Buchholz, 2016), det finns mer beskrivet i avsnitt 2.5. Ett sådant system kräver gedigna algoritmer och vision system som kan läsa och tolka objekt med hög noggrannhet. Inom Bin-picking finns två huvudsakliga problem som påverkar plockförmågan. Första är att ta fram positions uppskattning för hur roboten ska röra sig och hitta plockobjekt. Andra problematiken är att förhindra att roboten och objektet kolliderar med omgivningen. Projektets fokus är att skapa underlag för hur SII-Lab drönarkomponenter bör plockas med hjälp av de gripdon som är tillgängliga i SII-Lab.

1.2 SYFTE

Projekts syfte är att förbättra förståelsen av sambandet mellan gripdon och komponenter vid kitting till drönarmontering i Chalmers SII-Lab.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

- Endast svenska som språk ska användas i denna rapport. Engelska litteraturer kan behandlas.
- Enbart kitting inom tillverkningsprocesser kommer hanteras.
- Arbetet kommer endast ske på SII-Lab
- Arbetet utförs under läsperiod 3 & 4, läsår 19/20.
- Inget nytt gripdon ska utvecklas.
- Behandlar endast befintlig utrustning i SII-Lab.
- Behandlar endast drönarkomponenter i SII-Lab.
- Inga ekonomiska aspekter ingick i uppdraget.

1.4 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNINGEN

- Hur ser befintliga gripdon ut idag? Istället för att ta fram nya produkter kan befintliga lösningar utnyttjas men att dessa tillämpas efter de samband som uppstår med drönarkomponenterna.
- Har drönarkomponentens lägesorientering någon betydelse för grepp?
- Hur kan kitting effektiviseras genom studie av plockning och gripdon?

1.5 RAPPORTENS DISPOSITION

Den här rapporten består av sex kapitlar. Kapitel 1 är introduktionen av projektet. Den består av beskrivning av bakgrunden och formulering av syftet och avgränsningar inom projektet. Kapitel 2 innehåller den teoretiska referensramen, beskrivning av utrustning, Bin-picking och gripdonsekenskaper. Metoden och hur projektets har genomfört samt hur data har hanterats redovisas i kapitel 3. I kapitel 4 redovisas resultatet som tagits fram och andra fynd. De sista kapitlen, 5 och 6 omfattar diskussion respektive slutsats.

2 TEORETISK REFERENS RAM

I detta avsnitt beskrivs de teorier som tillämpas eller nämns i detta uppdrag. Dels en beskrivning av utrustningen som används i ett robotsystem och även metoder som nyttjas för framtagning av resultat.

2.1 SII-LAB

En stor satsning genom Stenastiftelsen har lyckats bygga upp lokaler på Chalmers Lindholmen för tester och demonstrationer av framtida smarta fabriker. Målet är att utbilda ingenjörer som kan hjälpa till att utveckla framtidens teknik. På Stena Innovation Industry Lab finns det möjlighet till forskning inom produktion och tillgång till den senaste teknologin. Det finns ett prototypstillverkningssystem på plats som används inom internlogistik, montering och produktions-IT (Chalmers, 2020).

2.2 KITTING

Inom produktionslogistik ingår olika typer av materialhantering. En av dem är ett så kallat "Kitting" moment. Ett kit i tillverkningssammanhang består av en sats av komponenter eller verktyg. Dessa kits nyttjas ofta vid monteringsarbeten, där inför varje monteringsuppgift förbereds material som ska ingå i ett kit som oftast har en egen avsedd plats i närheten av monteringsplatsen. Kitting ses som en icke-värdeadderande process (Bozer och McGinnis, 1992) men anses vara en nödvändig process. I dagens tillverkningsindustrier används flera tusentals komponenter för enstaka produkter. Därför är Kit preparering ett viktigt moment för att effektivisera produktionen.

När man designar ett kitting system är det viktigt att tänka på särskilda parameter som påverkar plockeffektiviteten. Några av dessa är layoutplanering, satsningspolicy och plockningspolicy. Layoutplaneringen berör placeringen av kittingsystemet i en tillverkningsprocess. Satsningspolicy påverkar hastigheten på leveransen och plocktiden. Plockningspolicy handlar om sekvensen där föremål hämtas från kitting systemet.

Tre huvudsakliga element inom Kit preparering är plockning, sortering och transporter. En gemensam parameter för dessa element är hastighet. Samt kvalité, som oftast mäts i graden av felplockning. Men slutmålet är att minimera tiden det tar för att förbereda materialet för tänkt monteringsarbete (Brynzér och Johansson, 1995).

2.3 INDUSTRIROBOTAR OCH KOLLABORATIVA APPLIKATIONER

En industrirobot är ett robotsystem som används inom tillverkningsprocesser. Roboten befinner sig i en robotcell som begränsar människors åtkomst (Internationella standardorganisationen, 2012). De arbetar automatisk, är omprogrammerbar och består av minst tre axlar. De typiska användningsområdena för industrirobotar är svetsning, sprutmålning och materialhantering inom tillverkningsprocesser. Industrirobotar nyttjas även ibland i samarbete med människor utan säkerhetsgrind eller säkerhetsåtgärd i vad som kallas för kollaborativa applikationer. I dessa fall arbetar människor och robotarna tillsammans istället för att roboten ersätter människan i dess arbete (Universal Robots, 2020).

2.4 ROBOT GRIPPERS

Robot grippers är gripdon utformade för att efterlikna människans finger-mekanismer. Det uppgörs generellt av två eller fler fingrar. Finns olika typer och varianter där de är konstruerade för olika ändamål. Mer ingående beskrivning av de olika typerna finns i avsnitt 4.1.

2.4.1 PNEUMATISKA GRIPPERS

Pneumatiska gripper styrs med hjälp av komprimerad luft. Detta sker genom att luften rör sig igenom in och ut ventiler i verktyget, vilket i sin tur gör så att en kolv i verktyget rör sig. Externa verktyg eller fingrar är kopplade till kolven, vilket medför att när kolven rör sig så rör det kopplade verktyget sig. Kraften som pneumatiska grippers kan tillföra vid grepp bestäms av kraften från lufttrycket, lufttrycket hjälper också till med att hålla fast arbetsstycken som ska lyftas. Dessa typ av grippers kan finna sig i ett läge, antingen stängt eller öppet. De är användbara i arbeten där verktygens hastighet och kraft inte är av stor betydelse (Azim, 2019).

2.4.2 ELEKTRISKA GRIPPERS

Dessa typ av grippers styr med hjälp av elektricitet. Den elektriska kraften, med hjälp av sensorer används för att justera kraften, hastigheten och positionen av grippern. Till skillnad från den pneumatiska typen så har dessa flera precisa och justerbara lägen, vilket medför att denna typ av gripper är bättre anpassad för arbeten som kräver mer noggrann kontroll av precision, kraft och hastighet (Azim, 2019).

2.5 BIN-PICKING

Begreppet ”Bin-picking” har varit ett problem i över 50 år och handlar om att lokalisera ett objekt i en ostrukturerad miljö, exempelvis en låda, där objekten kan byta position varje gång ett objekt plockas från en låda (Anandan, 2016). Ännu idag finns inga generella lösningar på det i modern industri. Det kommer kräva sensorer och även någon form av artificiell intelligens. Jämfört med den vanligaste robotplockningen, genom bestämda koordinater som roboten får, hämtar den en produkt från en fix position, kommer roboten i Bin-picking kräva mer information om omgivningen. En vanlig eller en självklar lösning till detta är att använda sig utav information om 3D visualisering. Men även det har visat att det inte är det bästa lösningen. Denna vision system består huvudsakligen av två delar, bildupptagningen och analysen av bilden.

Bin-picking är en kombination av flera sub-discipliner som är:

- Scenanalys
- Objekt igenkänning
- Objekt lokalisering (eller position överskattning)
- Greppplanering
- Vägplanering

En problemställning vid Bin-picking är att undvika kollision. Men robotsystemet kan ingå i en robust vägplanering och utforma arbetsplatsen ordentligt.

Boken nämner att en så kallad ”Blind” Bin-picking är när roboten är utrustad med vakuum eller magnetiska gripdon där roboten mekanisk skannar igenom platsen eller behållaren tills den får grepp på ett objekt. Boken beskriver inte mer om detta då det är väldigt långsamt och icke robust approach (Buchholz, 2016).

Scenanalys består av någon typ av vision system som ska känna igen former, oftast med hjälp av polygoner och polyeder. Problematiken med ett sådant vision-system är olika faktorer som behövs ta hänsyn till, exempelvis ljus, ocklusion och distorsion.

I en studie av Baird (1977) används ett system som utgår från objektets silhuetter och mittpunkter. Detta kräver att objektet ligger platt på en yta.

Det finns tre huvudsakliga positioner som styr robotens förmåga att hitta en plockningsposition. Notera att detta gäller endast inom Bin-picking. Följande positioner är viktiga inom Bin-picking:

- Objektposition
- Gripperposition
- Greppposition

Objektpositionen är plockföremålets läge i förhållande till rymden roboten befinner sig i. Gripperposition som motsvarar verktygets position med avseende på rymden. Greppposition är föremålets position med avseende på verktygets koordinater. Endast två av dessa behöver fastställas för att bestämma en position för plockning. (Buchholz, 2016)

2.6 GRIPDONSEGENSKAPER

En robots plockfärdighet kan kopplas ihop med människans kognitiva processer för hur det hanterar olika objekt med händerna (Culleton, McGinn, och Kelly, 2017). Människans plockfärdighet kan delas in i handrörelser och fin-motorisk fingerfärdighet. Där handrörelser omfattar hand- och armrörelser och berör främst plockning och placering av större objekt. Medan fin-motorisk fingerfärdighet handlar mer om manipulering och omorientering av mindre objekt. Arbeten med fingrar dominerar i denna kategori. I detta uppdrag är endast handrörelser av intresse då endast plocknings moment behandlas. Det finns flera så kallade Human Dexterity Assessment Test (HDAT) som validerar människans förmåga vid plock och manipulering med händerna (Yancosek & Howell, 2009)

2.7 GEOMETRISKA FORMER OCH DESS SAMBAND I PLOCKNING

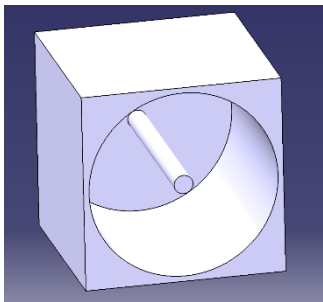
Objekt har unika former men kan definieras med hjälp av geometriskt bestämda former. I en studie beskrivs tillvägagångssättet på hur ett objekt ska plockas beroende på vilken typ av geometri det har (Miller, Knoop, Christensen, och Allen, 2003).

I detta uppdrag nyttjas följande former:

- Box geometrier
- Sfäriska geometrier
- Cylindriska geometrier
- Skiv geometrier

En boxgeometri är ett sex sidigt objekt med flera plana ytor som skapar plana grepppunkter. Sfäriska geometrier är cirkulära former som liknar ett klot och punkterna på dess yta är lika långt i avstånd ifrån mittpunkten. Cylindriska geometrier innebär en kropp med en axelsymmetri. Med skiv geometrier menas objekt som är väldigt lång i x- och y-led eller också med väldigt tunn tjocklek, vilket kan medföra svårigheter till grepp på sidorna.

Ett objekt kan uppgöras av flera geometriska definitioner beroende på dess orientering och även dess utformning. Ett exempel är en sex-sidig låda med en pinne i en av sidorna. Om



Figur 1. Låda med pinne

denna låda står med pinn-sidan nedåt mot golvet spelar denna sida ingen roll ur en greppsynpunkt då den greppbara sidan uppgörs bara av boxgeometri. Men om pinn-sidan riktas uppåt skulle objektet definieras med både boxgeometri och cylindergeometri. Olika kombinationer av geometrier kan påverka de greppstrategier som kan appliceras vid plockning.

Vilolägen

Alla objekt som består av höjd, bredd och djup är så kallat tredimensionella. Dessa objekt utgörs av flera olika sidor som den kan anta. Varje sida för alla objekt är inte alltid av intresse då symmetri kan förekomma, det kan då vara viktigt att skilja på unika sidor och symmetriska sidor. En sådan situation när det är viktigt att skilja på dessa sidor är när det gäller vilolägen, för att vilolägen är de sidor ett objekt kan stå och stödja sig på självmant.

2.8 ALLMÄNNA EGENSKAPER

De flesta drönarkomponenterna är tillverkade i ABS plast med additiv tillverkningsteknik. Detta medför att massan av komponenterna blir låga. Denna tillverkningsteknik har också medfört att dessa komponenter blivit släta och de har inte några större oönskade deformationer.

I en bok av Fast-Berglund & Matsson (2017) beskriver de en modell för hur särskilda egenskaper som påverkar ett monteringsarbete analyseras. Eftersom det finns liknelser mellan mänsklig fingerfärdighet och robotars plockförmåga (Culleton, McGinn, & Kelly, 2017) kan följande egenskaper tillämpas.

- Tyngdpunkt
- Symmetri

- Storlek
- Åtkomst

Tyngdpunkten påverkar lyft och rörelsemoment beroende på hur nära tyngdpunkten lyfts. Genom att lyfta med avstånd från tyngdpunkten fås en hävstång som blir tyngre ju längre ifrån den är. Detta i sin tur kan medföra att arbetet blir ostabilt ifall inte motkrafter räcker till att stabilisera detta. Eftersom tyngdpunkten har en koppling till vikten, som i detta fall är väldigt låg för drönardelarna i jämförelse med gripdonets kraft. Betyder detta att tyngdpunkten är av mindre signifikans för detta projekt.

Beroende på objektet och verktyget så kan symmetrin antingen vara till fördel eller nackdel i greppsituationer. Vad som är till fördel och nackdel beror på vad för verktyg som ska greppa föremålet. Ett objekt som har liknande symmetri som verktyget kan både underlätta och möjliggöra grepp. De flesta drönarkomponenterna i detta uppdrag har mycket symmetri och det finns då en stor risk att detta kan bli problem i en del av momenten och påverka slutresultatet.

Storleken av objekt påverkar greppsituationer genom att ett objekt som är större än greppet kan bli svårt att greppa om ytan och greppet kräver grepp som tar i två eller flera sidor. På samma sätt men åt andra hållet så finns det risk att ett objekt som är mindre än minimum greppet inte kan tas tag i eller faller ur greppet. Eftersom det finns stor varians i drönarkomponenternas storlek i detta uppdrag, finns det risk att detta kan leda till att en del av projektets moment kan bli svårare att slutföra och måste anpassas utefter uppstående situationer.

Åtkomst av grepplägen i komponenter som t.ex. ett hål, eller stor varians i formen av komponenterna kan påverka greppet av verktyg. Detta genom att om verktygen är större än hålen så kan dessa inte nyttjas av verktyget och på samma sätt gäller om verktyget inte är utformat för att plocka komponenter med stor varians av former. I detta uppdrag har en stor del av drönarkomponenternas geometrier som kan påverka åtkomsten vilket kan leda till att en del av verktygen inte kan appliceras vid en del av momenten i detta uppdrag och åtgärder eller kompromisser måste vidtas.

3. METOD

I följande kapitel ges en beskrivning på de metoder och tillvägagångssätt som utförs i detta uppdrag. Detta avsnitt är indelat i två underkapitel. 3.1 beskriver hur uppdraget har genomförts och 3.2 behandlar datainsamlingen.

3.1 GENOMFÖRANDE

De moment som har utförts i detta uppdrag beskrivs i följande delavsnitt. Momenten är sorterade efter när de utfördes.

3.1.1 UPPSTART OCH GENERELLT TILLVÄGAGÅNGSSÄTT

Uppdraget definierades genom möte handledaren och övriga intressenter för att avgöra vad som skulle åstadkommas samt vad som kan förväntas av uppdraget. Mötet med handledaren skedde i SII-labbet och där gjordes även en kort genomgång av utrustningen. När alla mål och avgränsningar var formulerade var nästa steg att avgöra vilka moment som var väsentliga för att kunna slutföra uppdraget. Dessa moment beskrivs i kommande avsnitt nedan. En tidsplan estimerades, i form av ett Gantt-schema, för att få en tidsbedömning på hur alla moment inom uppdraget skulle struktureras.

3.1.2 LITTERATURUNDERSÖKNING

Informationssökningen skedde främst genom sökningar på internet i form av sökmotorer och databaser, som Chalmers Publications Library och Google Scholar. Ett visst material tilldelades av handledaren och personal på Chalmers. Genom att använda specifika sökord filtrerades relevant information från de icke-relevanta. Sökorden som användes var delvis direkt kopplade till uppdraget men en del var även sökord som kunde användas i liknande sammanhang. Sökord som är direkt kopplat till projektet är *“Bin-picking”*, *“Kit preparations”*, *“Kiting”*, *“Gripping strategy”*, *“Grippers”*, *“Shape primitives”*, *“Geometri”*, *“Geometriegenskaper”*, *“Gripdon”*, *“Gripdondesign”*, *“Grepplanering”* och *“Grasp planning”*. De andra sökorden som inte är direkt kopplade till projektet är *“Industry 4.0”*, *“Cobots”*, *“Collaborative applications”*. Utöver detta bestod informationssökningen även av intervjuer/samtal med personer som innehar kunskap inom området. Personer som kontaktades var rekommenderade av handledaren och bestod av personal på Chalmers.

3.1.3 MARKNADSUNDERSÖKNING

För att få en inledande förståelse om vilka lösningar som använts, utfördes en form av marknadsundersökning på befintliga gripdon som såldes kommersiellt. En katalog med Schunks marknadsförda grippers har tillhandahållits via personal på Chalmers. Detta gav en bild på vilka tekniska ramar grippers opererade inom.

3.1.4 UTFORMNING AV EXPERIMENTPLAN

När de inledande förberedelserna för hur de olika parametrarna skulle undersökas kunde experimentplanen tas fram. Varje enskilt gripdon fick separata identiska experimentplan som användas till att anteckna de olika mätresultaten. Mätresultaten sorterades efter drönarkomponent och dess vilolägen. Initiala urvalsstorlek valdes till tjugo tester för att få en bättre pålitlighet på resultatet.

Till skillnad från urvalsundersökningar och andra typer av observationer, där ett särskilt tillstånd observeras i en händelse, i ett faktorförsök ändras tillståndet till intressanta nivåer för att studera dess effekter på resultatet. I försöksplaneringen bestäms vilka faktorer som ska undersökas och vilka som är signifikanta för faktorförsöket. Det kan vara till hjälp att veta responsvariabelns sannolikhetsfördelning (Dahlblom, 2003).

3.1.5 ONLINE-PROGRAMMERING

En plocksekvens skapades så att roboten utförde samma rörelser genom alla tester i experimentet. Genom den tillhörande mjukvaran kunde en så kallad “OnLine-programmering” skapas för robotens plocksekvens. Robotens axelleder låstes så mycket som möjligt för att förhindra oförväntade rörelser i programmet. Detta underlättades genom att endast använda sig utav MoveL-kommandon som utnyttjar linjära rörelser. På så sätt påverkas inte robotens axelleder.

3.1.6 VAL OCH DESIGN AV GRIPFINGER

Inom greppplanering ingick även att välja rätt gripdon till uppgiften. Utformningen av gripfinger hade en stor betydelse för robotens plockförmåga. Ju mer anpassad den var för föremålet desto bättre. Det kan delvis påverka plockhastighet men även pålitligheten kring kvalitén. Gripfinger ska utformas enligt dessa designparametrar kring greppets pålitlighet (Causey, 2003):

- Omfamning
- Friktion
- Kvarhållning

En gemensam gripfinger med dessa designparametrar i åtanke ska konstrueras.

3.2 DATAINSAMLING OCH ANALYS

Data kring informationen som hanterats i uppdraget redovisas nedan i olika delavsnitt.

3.2.1 ROBOT PLOCKFÖRMÅGA

En bedömning av vilka relevanta typer av egenskaper som ett gripdon innehar utfördes genom att tillämpa tidigare studier inom samma område. Där utgångspunkten har varit att undersöka människans hand-och fingerfärdighet vid grepp, plockning och placering av diverse föremål. Människans förmåga att manipulera objekt är nästintill ekvivalent med robotens manipuleringsförmåga (Culleton, McGinn, & Kelly, 2017).

Grepplanering

En preliminär bedömning av hur drönarkomponenterna ska plockas utfördes genom att utnyttja specifika former som redovisades i en studie av Miller, Knoop, Christensen och Allen (2003). Särskilda former begränsas av gripdonets utformning. Men bedömningen är anpassade för de individuella gripdon som används.

De olika gripdonsvarianterna ställdes emot varandra i ett Excel-dokument. Där deras greppförmåga och förväntad potential att lyfta de olika drönarkomponenterna utvärderades. Utvärderingen av drönarformer och gripförmågor baserades på griptester av de geometriska formerna (Miller, Knoop, Christensen, och Allen, 2003). Samt en evaluering av specifika plockscenario planerades att utföras i mån av tid. En del av dessa plockscenario förekommer i Bin-picking (Buchholz, 2016) där exempelvis, föremål placerade i högar eller ståendes mot vägg. Utvärderingarna sammanställdes i en matris och gripdonen rangordnades separat efter antaganden på deras plockförmåga för varje enskild drönarkomponent.

3.2.2 VILOLÄGEN

På grund av att tid var en faktor i experimentet så begränsades experimenten till att testa plock av drönarkomponenterna i deras vilolägen då dessa är det förväntade lägen de intar utan någon yttre påverkan. För att få fram dessa vilolägen släpptes alla komponenter tjugo gånger

från en höjd. Dessa tjugo tester ger inte en fullständig representation av de vilolägen som drönarkomponenten kan inta. Vilolägen separerades in i naturliga lägen och osannolika lägen. Där naturliga innebär de lägen som fås ut från urvalstestet. Medan osannolika lägen är möjliga lägen vid specifika situationer och större urvalstester. Ett exempel i verkligheten är om ett mynt släpps från en höjd kommer den med stor sannolikhet att landa på en av de två platta ytorna och detta skulle då vara ett exempel på naturligt läge. Det finns dock en väldigt liten chans att myntet landar på kanten enligt Figur 2. Detta skulle då vara ett exempel på ett osannolikt läge.



Figur 2. Stående krona

3.2.3 BEREDNING AV MÄTVÄRDEN TILL EXPERIMENTET

Med det samlade data från tidigare avsnitt bearbetades fram ett experimentplan. Tre huvudsakliga mätvärden undersöktes i detta experiment:

- Plockbarhet
- Kvalité
- Hastighet

Plockbarheten innebär om viss drönarkomponent kan greppas av de olika gripdonen. Utfallet mättes i ett binärt tal, alltså “1” eller “0” som motsvarar “Sant” eller “falskt”.

Kvalitémätningen omfattar mätresultat av andelen greppsekvenser som tappar en drönarkomponent mellan plock- och lämna-fasen. Om gripdonet tappar en komponent kan det röra sig om att vikten eller valda grepppunkt inte är optimal.

Hastighet består av tidmätningen av varje greppsekvens. Tidtagningen startades från att robotprogrammet exekveras och stoppades när roboten nådde slutdestinationen. Tiden kan avgöra vilket gripdon som är effektivast men även om verktygsbyte kan vara fördelaktig.

3.2.4 OPTIMALA GREPPUNKTER

För att standardisera tester av grepp som utfördes, identifierades optimala grepppunkter för varje drönarkomponent. Dessa punkter användes som bestämda mät-utgångspunkter för att få konsekventa mätvärden. Optimala grepppunkter identifierade genom att greppa komponenter utan vetskapen av dess orientering eller position på vald arbetsyta. I en studie av Buchholz

(2016) placerades flera okända olika objekt i en låda där de skulle plockas utan någon information av deras status. Detta gjordes på liknande sätt i detta test.

3.2.5 LAYOUT OCH UTRUSTNING FÖR EXPERIMENT

Genom att fastställa en bestämd layout för experimentet minskades risken till felkällor i mätresultaten samt en standardisering erhöles en viss ökning av tidseffektivitet. På grund av avsaknaden av ett vision system var en rymd med ett eller flera fixa koordinatsystem inte nödvändigt. Positionering av utrustningen valdes godtyckligt av uppdragsmedlemmarna. Arbetsytan bestod av en befintlig monteringslinje som är en del av en prototypmonteringslinje i SII-labbet. Bordsytan täcktes med fastskruvade linjerade mattor för att enkelt kunna estimeras positioner. På mattan valdes en plats för en behållare till lagring av plockföremål. Roboten som användes till experiment var en UR3 som fanns tillgängligt i SII-labbet och endast OnLine programmering användes. Gripdon som använts till experiment var en pneumatisk 2-finger gripper och ett Vacuum gripper.

Innan experimentet initierades utfördes utvärderingen av optimala grepppunkter som nämndes i tidigare avsnitt. Varje drönarkomponent släpptes från en fix höjd ned i en fixerad låda. Utifrån det resulterande viloläget skulle roboten försöka greppa genom styrning i realtid.

Experimentet kan beskrivas genom följande steg:

1. Drönarkomponent släpps från en fix höjd ned i en låda
2. Centrera drönarkomponent i mitten av lådan
3. Startar robotprogrammet
4. Starta tidtagaren samtidigt som robotprogrammet
5. Roboten utför "lämna-sekvensen"
6. Stoppa tidtagaren
7. Roboten återgår till startposition

Plockbarheten och tiden antecknas i experimentplan tabellen. Alla stegen repeterades för varje test.

4. RESULTAT

Erhållna resultat redovisas i detta avsnitt.

4.1 UTVÄRDERING AV GRIPDONSTYPER

Utifrån den marknadsundersökning gruppen utförde visade det sig att det finns en bred marknad på olika typer av gripdon. Varje typ har olika varianter och mekaniska egenskaper men valet av gripdon handlar främst om vilken typ av applikation den ska tillämpas i. Vid plockningsarbete kan typen av gripdon spela roll. I detta uppdrag studerades främst fem olika typer av gripdon. Elektriskstyrda gripdonen ansågs vara det mest lämpligaste för projektets ändamål. Detta för att de elektriska är mer flexibla och erbjuder högre nivå av kontroll.

Analys har utförts för att utvärdera de olika gripdonens plockförmågor utifrån de plockningsgeometrier och plockningsscenarior som har nämnts i detta uppdrag. Men experiment har endast utförts för Parallel gripper och Vacuum gripper. Nedan redovisas resultatet i en tabell. Gripdonen har betygsatt i en skala från 1 till 5, där:

5 = *Mycket god*

4 = *God*

3 = *Måttlig*

2 = *Dåligt*

1 = *Går inte*

Mycket god innebär att gripdonet kan skapa grepp utan några vidare problem.

God innebär att gripdonet klarar att skapa grepp i flesta fall. Men kan misslyckas i specifika geometriska lägen.

Måttlig innebär att gripdonet kräver ett specifikt geometriskt läge för att skapa grepp.

Dåligt innebär att gripdonet i flesta fall inte skapar grepp.

Går inte är att gripdonet inte kan skapa grepp överhuvudtaget.

En teoretisk bedömning har utförts baserad på gruppens uppskattning.

Test av plockning av drönarkomponent utifrån dessa plockgeometrier enligt avsnitt 3.2.1:

- Box
- Cylindrisk

- Sfärisk
- Skiv
- Invändigt hål
- I hög
- Mot vägg

Nedan beskrivs de gripdon som studeras i detta uppdrag och även en utvärdering på gripdonens förmågor utifrån bedömningen ovan. De plockscenarior och gripdon som inte ingick i experimentet är markerade med ”*”, de är antaganden av gruppen baserad på jämförelse av liknelser mot det befintliga gripdonen Parallel och Vacuum gripper. Antaganden är även baserad på teorin som beskrivits i avsnitt 2.7 och marknadsundersökningen.

4.1.1 PARALLEL GRIPPER

Mest förekommande gripdonet, utgör 60–70 procent av robotapplikationer (Azim, 2019). Den kan lyfta föremål både internt och externt. Gripfingrar kan anpassas efter behov och monteras på gripdonet. Fingrarna arbetar antingen parallellt eller med ett av fingrarna i låst position. Den vanligaste användning av denna typ av gripper är vid plockning av cylindriska och rektangulära. De finns även i pneumatiskt styrda varianter.



Figur 3. Elektrisk styrd 2-finger Parallel gripper (Schunk, 2020)

Parallel grippers ansågs ha mycket god plockförmåga när det gäller föremål med boxgeometrier. Plana ytor kan ställas parallellt mot gripdonets handflata. Det finns ytor som är lättåtkomligt för gripfingrarna att greppa. Symmetrin gör det enklare att hitta en grepppunkt.

Cylindriska föremål ansågs på en måttlig nivå. Gripfingrarna måste ha en längd som korsar föremålets tyngdpunkt för att säkra greppet.

Parallel grippers hade dålig plockförmåga på sfäriska föremål detta på grund av att Parallel grippers saknar en sfärisk form.

Skivor går inte att plockas med Parallel gripper för det saknades lämpliga grepppunkter.

Parallel grippers ansågs ha god plockförmåga när det gäller hål, både runda och rektangulära. Föremålet låses fast i en axel av de två fingrarna.

*Plockning vid scenario där föremål är placerade i högar i en behållare och ståendes mot en vägg anses saknas någon robust metod för. Men med ett vision system förmodas Parallell gripper prestera god. Eftersom den enbart behöver två grepppunkter som anses vara möjligt att identifiera i högar och ståendes mot väggar.

4.1.2 *CENTRIC GRIPPER



Figur 4. Elektrisk styrd
3-finger Centric gripper
(Schunk, 2020)

Näst mest förekommande gripdonet, utgör 20–30 procent av robotapplikationer (Azim, 2019). Den kan lyfta föremål både internt och externt. Har tre gripfingrar placerade 120° mellan varandra. Den är specialanpassad för att plocka cylindriska och sfäriska föremål. Gripfingrarna är mekanisk knutna till varandra för att se till att alla rör sig parallellt. Denna typ av gripdon har god förmåga att centrera föremålet i gripdonet.

Plockning av boxgeometriska former antogs vara dåligt för att för stora konturer kan göra det svårt för Centric Gripper att nå.

Plockning av cylindriska former antogs vara god för åtkomligheten och låsning med tre fingrar.

Plockning av sfäriska former antogs vara god. Fingrarna kan få ett naturligt grepp runt ett sfäriskt objekt.

Skivor går inte att plockas med Centric gripper för det saknades lämpliga grepppunkter.

Plockning vid hål antogs vara på en mycket god nivå. Samma anledning som med cylindriska former.

Plockning där objekt ligger i högar antogs vara på en måttlig nivå. Finns risk för att plocka flera objekt samtidigt.

Plockning mot en vägg antogs vara dåligt för att fingrarna behöver åtkomst från flera vinklar.

4.1.3 *ANGULAR GRIPPER



Figur 5. Elektrisk styrd Angular gripper (Schunk, 2020)

Utgörs 10–20 procent av robotapplikationer (Azim, 2019). Denna typ är lik den parallella men gripfingrarna rör sig axiellt i en viss vinkel och på så sätt ”skopar” den upp föremål och klämmer ihop föremålet. Den har lättare att operera i mer begränsade utrymmen än Parallell grippers. Plockning av boxgeometriska former antogs vara mycket god. Samma resonemang som för Parallell Gripper.

Plockning av cylindriska former antogs vara god. Kan få tillräcklig med greppyta.

Plockning av sfäriska former antogs vara på en dålig nivå. En viss vinkel på föremålet kan orsaka att gripdonet skjuter iväg föremålet.

Skivor går inte att plockas med Angular gripper för det saknades lämpliga grepppunkter.

Plockning vid hål antogs vara på en måttlig nivå. Fungerar likt en Parallell Gripper men finns risk för att den trycker upp föremålet för den axiella öppningsvinkeln.

Plockning där objekt ligger i högar antogs vara på en måttlig nivå. Har bra plockförmåga men kan plocka med sig oönskade objekt.

Plockning mot en vägg antogs vara god. Samma resonemang som för Parallell Gripper.

4.1.4 *MAGNETIC GRIPPER



Figur 6. Magnetisk gripper (Schunk, 2020)

Dessa grippers utnyttjar elektromagnetism för att skapa grepp till föremålet. Detta kräver dock att föremålet har magnetiska egenskaper. Därför används denna typ främst för metalliska föremål. Detta betyder att denna typ av gripdon kan uteslutas ur studierna. Greppet styrs genom två tillstånd, magnetiserad och avmagnetiserad.

Magnetic gripper är ett specialfall då den ansågs vara mycket bra i alla kategorier förutom plockning i högar så länge komponenterna har magnetiska egenskaper. Anledningen till detta är att den inte är lika formberoende som de andra typerna så länge den kan kompensera med magnetisk kraft. Problemet med plockning i högar är att den kan låsa fast sig i en komponent som inte söks eller dra till sig flera komponenter åt gången.

4.1.5 VACUUM GRIPPER



Figur 7. Vacuum gripper
(Schunk, 2020)

Sugkoppar används för att ”suga” fast föremål och på så sätt skapa grepp. Använder sig av sugkoppar som skapar grepp på en plan yta med hjälp av vakuum. Sugkopparna kan placeras på ett monteringsselement och kan anpassas efter arbetsuppgifter. Utöver monteringsselement behövs andra komponenter som möjliggör vakuum i systemet, såsom luftfilter, vakuumpgeneratorer och m.m. Problematiken är att vakuum kommer kräva ytor som är plana nog för att isolera kontakten. Därför är dessa grippers inte lika effektiva med exempelvis sfäriska föremål.

Plockning av boxgeometrisk föremål ansågs vara mycket god. Detta för att de består av flera plana ytor som gör det lättåtkomligt för sugproppen att få kontakt.

Plockning av cylindriska föremål ansågs vara på en måttlig nivå. Detta för att ytan av sugpropparna och cylindriska föremål inte är lika och detta kan medföra greppproblem. Men sugpropparna kan anpassa formen lite efter ytor den trycks mot, vilket betyder att den kan tillämpas i många fall men inte alla.

Plockning av sfäriska former ansågs vara på en måttlig nivå. Samma resonemang som för cylindriska föremål gäller här.

Plockning av skivformer ansågs vara mycket god. Detta för att Vacuum gripper kräver bara en grepppunkt och skivobjekt är plana.

*Plockning vid hål antogs vara mycket god. Detta för att det finns specialutformade hålgrippers som är anpassade till plockning av objekt med hål (Schunk, 2020).

*Plockning där objekt ligger i högar antogs vara god. Detta för att en Vacuum gripper behöver bara en yta att fästa sig vid och inga sidor, men ett problem som kan uppstå är att det inte finns någon bra yta att greppa tag i för att andra objekt täcker ytan.

*Plockning mot en vägg antogs vara mycket god. Detta för att en vägg inte begränsar Vacuum gripper då den bara behöver en yta att greppa tag i och inte flera punkter.

Sammanställning av bedömning

Bedömningen utav gripdonen för plockscenarior och de geometriska formerna, som beskrivs i ovanstående avsnitt, redovisas i sammanställningen nedan.

	Parallel	Vacuum	Centric	Angular	Magnetic
Box	5	5	2	5	5
Cylindrisk	3	3	4	4	5
Sfärisk	2	3	4	2	5
Skiv	1	5	1	1	5
Invändigt hål	4	5	5	3	5
I hög	4	4	3	3	2
Mot vägg	4	5	2	4	5

Tabellen visar vilket gripdon som är lämpligt att använda för de olika geometriska formerna och plockscenarior.

Tabell 1. Bedömning av grippers för varje formgeometri och plockscenario.

4.2 GRIPDON FÖR PLOCKNING AV DRÖNARKOMPONENTER

Utifrån urvalstestet beskriven i avsnitt 3.2.2 har flera vilolägen identifierats. Antalet vilolägen per drönarkomponent varierade och påverkade hur dess plockningsgeometri orienterades. Se bilaga 1.1–1.4 för alla vilolägen.

Ett experiment för de två gripdonstyperna, Parallel gripper och Vacuum gripper, som fanns i SII-Lab genomfördes för att få en uppskattning på skillnader kring plockförmågor.

Experimentet har utgått från tre mätvärden, plockbarhet, hastighet och kvalité. Plockbarheten som anger om gripdonen kan plocka eller inte dessutom bekräftas även tidsresultaten där de tolkades som hastigheten för en hel plocksekvens för vald drönarkomponent. Kvalité avser andelen godkända grepp under experimentet.

En beskrivning av drönarkomponenter och erhållna mätresultat från de testade drönarkomponenter och gripdon som har hanterats inom detta uppdrag ges i följande avsnitt nedan.

4.2.1 BATTERI

Batteriets funktion är strömtillförseln till alla behövande drönarkomponenter.

Den är till större del bestående av en boxgeometri och på toppen har den en halvsfäriskgeometri.

Batteriet har fyra unika vyer och två vilolägen.

Resultat från experiment fick enligt tabell nedan:

Batteri		2-finger parallel	Vacuum
		Plockhastighet i sekunder (s)	
Viloläge 1. Boxgeometri	Plockbart	Ja	Ja
	Test 1	4,90	4,77
	Test 2	5,06	4,78
	Test 3	5,15	4,62
	Test 4	5,10	4,46
	Test 5	4,93	4,52
Genomsnittlig tid		5,03	4,63
Standardavvikelse			
Kvalité		100%	100%
Viloläge 2. Boxgeometri	Plockbart	Ja	Ja
	Test 6	4,90	4,67
	Test 7	4,95	4,77
	Test 8	5,07	4,65
	Test 9	4,96	4,58
	Test 10	5,02	4,60
Genomsnittlig tid		4,98	4,65
Standardavvikelse			
Kvalité		100%	100%

Tabell 2. Mätresultat på plockning av batteri med de två grippers.

4.2.2 BATTERIHÅLLARE

Batteriet ovan placeras i en “*Batterihållare*” där det finns en batterificka utformad efter batteriets konturer. Batterihållaren består mestadels av en större cylindriskgeometri, lämpligen efter drönarens runda form. I hållaren finns flera genomgående fickor för att ge plats till kablage. I mitten finns en boxgeometrisk ficka för batteriet.

Batterihållaren har tre unika vyer och två vilolägen.

4.2.3 BATTERIKLÄMMA

Batteriet i batterihållaren sätts fäst med en batteriklämma. Där den monteras fast enbart på en sida och utnyttjar klämkraften för fasthållning av batteriet. Klämman är utformad efter batteriets konturer. Det genomgående hålet används för fastsättning med skruv.

Batteriklämman består enbart av boxgeometrier.

Batteriklämma har sex unika vyer och fyra vilolägen.

4.2.4 BEN

Det sitter fyra ben på drönarens undersida. De tillför stötdämpning vid landning för att skydda drönaren från skador. Den är krökt för att skapa elasticitet. På ovansidan finns ett skruvhål för fastsättning på ramen. Benet består mestadels av boxgeometri, men har även sfärgeometri. Benen har fyra unika vyer och tre vilolägen.

4.2.5 DISTANSKONTROLL

Sitter under Pixhawk-enheten för att ge plats för kablage. Den har box- och cylindergeometrier. Distanskontrollen har sex unika vyer och två vilolägen.

4.2.6 DISTANSMOTOR

En distans placeras på ramen för att höja upp motorernas positioner. Distansen har en cylindriskgeometri anpassat efter motorernas utseende. I ett viloläge har den sfärisk geometri. På de plana ytorna finns genomgående hål för fastsättning med skruvar. Distansmotorn har två unika vyer och två vilolägen.

4.2.7 PIXHAWK

Drönarens styrenhet. Har en boxgeometrisk form. Pixhawken har fyra unika vyer och ett viloläge. Resultat från experiment fick enligt tabell nedan:

PixHawk		2-finger parallel	Vacuum
		Plockhastighet i sekunder (s)	
Viloläge 1. Boxgeometri	Plockbart	Saknas data	Ja
	Test 1		4,78
	Test 2		4,78
	Test 3		4,92
	Test 4		4,65
	Test 5		4,78
Genomsnittlig tid			4,78
Standardavvikelse			
Kvalité			100%
Viloläge 2. Boxgeometri	Plockbart	Saknas data	Ja
	Test 6		4,92
	Test 7		4,52
	Test 8		4,78
	Test 9		4,78
	Test 10		4,79
Genomsnittlig tid			4,76
Standardavvikelse			
Kvalité			100%

Tabell 3. Mätresultat på plockning av Pixhawken med de två gripdonen.

4.2.8 LOCK

Locket omsluter alla elektriska komponenter. Den agerar skydd mot yttre partiklar och påverkan. Den består av sfärgeometri och mindre del av skivgeometri.

Locket har tre unika vyer och två vilolägen.

Nedan redovisas resultat från experimentet.

Lock		2-finger parallel	Vacuum
		Plockhastighet i sekunder (s)	
Viloläge 1. Sfärgeometri & Cylindergeometri	Plockbart	Saknas data	Ja
	Test 1		4,47
	Test 2		4,74
	Test 3		4,82
	Test 4		4,88
	Test 5		4,66
Genomsnittlig tid			4,71
Standardavvikelse			
Kvalité			100%
Viloläge 2. Sfärgeometri & Cylindergeometri	Plockbart	Saknas data	Ja
	Test 6		4,71
	Test 7		4,75
	Test 8		4,74
	Test 9		4,59
	Test 10		4,79
Genomsnittlig tid			4,72
Standardavvikelse			
Kvalité			100%

Tabell 4. Mätresultat från plockning av lock med de två gripdonen.

4.2.9 MOTOR

Motorerna tillför energi till propellern. Motorn är en likströmsvariant. Den har en cylindrisk geometri utseende och sfärgeometri. Men har mindre detaljer med boxgeometri. På ena sidan sitter rotern och skruvhål på andra sidan för montering av distansen.

Motorn har fyra unika vyer och tre vilolägen.

4.2.10 PIXHAWKHÅLLARE

Styrenheten PixHawk monteras fast med en så kallad "*PixHawkhållare*". Hållaren är utformad efter PixHawks geometrier, alltså boxgeometri men även cylindrisk och sfär i vissa vilolägen. Utöver fasthållningsfunktionen har den en rektangulär ficka som ger ökad synlighet och åtkomst till Pixhawken. Två genomgående hål finns för hopsättning med skruvar.

Hållaren har sex unika vyer och fyra vilolägen.

4.2.11 PROPELLER

Drönaren drivs av fyra propellrar som skapar lyftkraft med hjälp av energi från motorerna.

Bladen är utformad på ett sätt som minimerar luftmotstånd.

Propellern har två unika vyer och ett viloläge.

4.2.12 RAM

Ramen är drönarens fundament och alla drönarkomponenter monteras på den. Den har cylinder-, skiv- och boxgeometrier.

Ramen har tre unika vyer och två vilolägen.

Nedan redovisas resultatet från experimentet.

Ram		2-finger parallel	Vacuum
		Plockhastighet i sekunder (s)	
Viloläge 1. Cylindergeometri & Skivgeometri	Plockbart	Ja	Saknas data
	Test 1	4,66	
	Test 2	4,78	
	Test 3	4,79	
	Test 4	4,78	
	Test 5	4,78	
Genomsnittlig tid		4,758	
Standardavvikelse			
Kvalité			
Viloläge 2. Cylindergeometri & Skivgeometri	Plockbart	Ja	Saknas data
	Test 6	4,77	
	Test 7	4,74	
	Test 8	4,53	
	Test 9	4,60	
	Test 10	4,47	
Genomsnittlig tid		4,622	
Standardavvikelse			
Kvalité		100%	

Tabell 5. Mätresultat från plockningen av ramen med de två gripdonen.

4.2.13 REKOMMENDATIONSLISTA

En rekommendationslista av gripdon för varje drönarkomponent har gjorts enligt nedan. Där ”Ja” är att det rekommenderas. Detta betyder att gripdonet är det mest lämpliga för plockning av den specifika drönarkomponenten men är inte nödvändigtvis alla dess vilolägen.

Drönarkomponenterna saknade magnetiska egenskaper därför uteslöts bedömningar av Magnetic gripper.

De drönarkomponenter som inte testades bedömdes utfifrån antaganden av gruppen baserad på jämförelse av liknelser av de andra drönarkomponenter och dess geometriska former.

Bedömningen är även baserad på teorin som beskrivits i avsnitt 2.7 och 2.8.

Drönarkomponent	Parallel	Centric	Angular	Vacuum
Batteri	Ja		Ja	Ja
Batterihållare	Ja		Ja	Ja
Batteriklämma	Ja		Ja	Ja
Ben	Ja		Ja	Ja
Distanskontroll	Ja		Ja	
Distansmotor	Ja	Ja		Ja
PixHawk	Ja		Ja	Ja
Lock		Ja		Ja
Motor	Ja	Ja	Ja	Ja
PixHawkhållare	Ja	Ja	Ja	
Propell		Ja		Ja
Ram	Ja	Ja		

Tabell 6. Rekommendationslista på gripdon för varje drönarkomponent.

5 DISKUSSION

Inledningsvis fokuserade studierna kring Bin-picking om hur det har sett ut och hur det ser ut idag. Begreppet Bin-picking har redan använts i 50-talet och det finns ett flertal studier på det. Många av dessa hade redan då utnyttjat ett vision system och utvecklat algoritmer för att identifiera objekt. I modern tid har det inte egentligen förändrats så mycket. Ingen har ännu lyckats ta fram ett robust system som kan identifiera objekt på djupare nivå. Svårigheterna är de olika förhållanden som uppstår vid Bin-picking. En av faktorerna som detta uppdrag valde att fokusera på är objektgeometrin och hur det påverkar ett gripdons tillvägagångssätt.

Drönarkomponenterna som studerades intog flera olika typer av geometrier beroende på hur komponenten var orienterad på en plan yta. Men i ett Bin-picking scenario ligger komponenten med stor sannolikhet inte på en plan yta. I detta uppdrag studerades endast när drönarkomponenten är orienterad på en plan yta, vilket betyder att det som tagits fram i denna rapport inte riktigt kan appliceras på ett Bin-picking scenario. Men det kan ge en bättre förståelse på vilka typer av gripdon som kan användas beroende på föremålets geometriska former. I avsnitt 4.2 beskrivs de vilolägen som identifierats och även angett vilka typer av geometrier de innehåller beroende på viloläget. Detta är viktigt att ta hänsyn till när ett vision system ska tillämpas. För att andra vilolägen kan uppstå vid andra förhållande såsom objekt i högar eller om objekt fastnar i varandra. Objekt kan ligga under andra objekt och kan bli svåråtkomliga. Att testa detta utan ett vision system kommer därför kräva mycket resurser för att ta fram resultat för alla olika lägen som kan uppstå. På grund av dessa faktorer utfördes inga experiment på dessa plockscenarior i detta uppdrag.

Resultatet från experimentet som nämns i avsnitt 4.2 blev inte fullständigt på grund av avsaknaden av ett lämpligt verktyg. Men de drönarkomponenter som testades stämde överens med gruppens hypoteser om plockförmågor. Hastighetsmätningen som utfördes var styrande av plockhöjden och därför inte relevant. Hastigheten är dock intressant vid användning av ett vision system då mäts tiden det tar för roboten att identifiera och hitta en grepposition. Kan dock vara värt att notera att Vacuum gripper var något snabbare än Parallel grippers i experiment. Detta för att Vacuum gripper inte behöver röra sig lika djupt då den endast tar kontakt på föremålets toppsida. Med det sagt kan gruppen påstå att Vacuum gripper är snabbare än Parallel grippers i sådana situationer. Men enda nackdelen är att Vacuum gripper kräver en tillräcklig plan och jämn yta. De tre övriga gripdonen som studerades, Angular, Centric och Magnetic gripper, uteslöts ur experimentet för att de inte fanns tillgängligt i SII-Lab. Skulle dock varit intressant att testa för att få en bättre förståelse för sambanden mellan

objektgeometrier och olika gripdon. För att testa Magnetic gripper hade det även behövts objekt med magnetiska egenskaper.

Utöver plockobjektets geometrier har gripdonets fingrars utseende en påverkan på hur bra greppet blir. Ju mer fingrarna är anpassade efter plockföremålet, desto bättre. I detta uppdrag hade det möjligtvis varit tillräckligt med en viss friktion på fingrarna. Eftersom komponenterna inte vägde så mycket. Ett annat sätt är att på fingrarnas plockpunkter utnyttja en viss omfamnande utformning och på så sätt låsa fast objektet.

5.1 VIDARE ARBETE

- Ett vision system behöver användas för en noggrann mätning av gripdonens hastigheter. Det kan även påverka plockbarheten på drönarkomponenterna. Det blir lättare att göra undersökningar i Bin-picking förhållanden.
- Fler vilolägen bör ingå i tester.
- Elektriska gripper bör användas eftersom de är mer känsliga och flexibla vid användningen. Gripkraften kan anpassas.
- Andra typer av gripper, Angular och Centric, bör testas.
- Gripfinger som är anpassad för drönarkomponenter bör konstrueras för mer likvärdiga mätningar i experiment.
- Studera ny teknik som robot grippers med fem fingrar eller med sensor inbyggda i gripdonet för att se om det är applicerbar i Bin picking förhållanden.

6 SLUTSATER

Slutsatser i detta uppdrag redovisas i detta kapitel. Samt svar på frågeställningarna.

Det finns flertalet faktorer som kan påverka plockning med gripdon. De kan delas in i olika kategorier men är endast intressant när dessa faktorer samverkar. Det går inte att bedöma plockningen enbart på särskilda faktorer. De olika vilolägen objekt kan inta har olika geometriska definitioner från sida till sida och kan påverka vilket typ av grepp som kan appliceras vid plockning. Drönarkomponenterna är inte representativa för studie av alla geometriska former som finns. De samband som har hittats i denna rapport mellan geometriska former och gripdon kan användas som grund till forskning av plockning i Bin picking förhållanden. Men bör kompletteras med ett vision system för djupare forskning. Ett grepp kan förbättras genom att använda specialanpassade gripfingrar, som är utformade efter plockobjektets geometrier.

6.1 SVAR PÅ FRÅGESTÄLLNING

Hur ser befintliga gripdon ut idag?

Det används ett stort utbud av olika gripdon i dagens industrier och många säljs kommersiellt av företag. De huvudsakliga typerna är elektriska och pneumatiska gripdon, valet beror på typen av uppgift. Plockförmågan bestäms av greppverktyget, exempelvis antalet fingrar på gripdonet eller om den har en sugpropp. Mer precisionstungt arbete kräver större frihetsgrader och i fall där gripdon med fingrar används kan antalet fingrar styra noggrannheten. Det finns inget optimalt gripdon som är anpassad för varje situation.

Har föremålets lägesorientering någon betydelse för grepp och lyftarbete?

Olika lägesorientering påverkar vilket viloläge föremålen intar detta i sin tur påverkar de geometriska former föremålen uppgörs av. Detta kan begränsa vilka typ av grepp som kan appliceras. Beroende på valt grepp kan lyftarbetet försvåras, till exempel kan föremålet tappas eller kolliderar med omgivningen.

Hur kan kitting effektiviseras genom studie av plockning och gripdon?

Genom att känna till föremålens geometriska egenskaper och gripdonens förmågor kan en anpassad plockningsplan tas fram för att minimera plockningstid, antalet verktygsbyten, sannolikheten till att tappa föremål och även maximera sannolikheten till plockning.

Referenslista

1. Brynzér, H., & Johansson, M. I. (1995). Design and performance of kitting and order picking systems. *International journal of production economics*, 41(1-3), 115-125. doi:[10.1016/0925-5273\(95\)00083-6](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00083-6)
2. Internationella standardiseringsorganisationen. (2012). Robots and robotics device: Vocabulary. Hämtad 2020-05-12 från <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>
3. Universal Robots. (2020). Material handling. Hämtad 2020-05-04 från <https://www.universal-robots.com/applications/material-handling/>
4. Schunk. (2020). Schunk Grippers. Hämtad 2020-05-04 från https://schunk.com/de_en/clamping-technology/category/gripping-systems/schunk-grippers/
5. Buchholz, D. (2016) *Bin-picking: New approaches for a classical problem* [E-bok] (1) Hämtad 2020-05-07 från <https://link-springer-com.proxy.lib.chalmers.se/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-26500-1.pdf>
6. Culleton, M., McGinn, C., & Kelly, K. (2017). Framework for Assessing Robotic Dexterity within Flexible Manufacturing. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 87, 507-529. doi:10.1007/s10846-017-0505-x
7. Miller, A. T., Knoop, S., Christensen, H. I., Allen, P. K. (2003, september). *Automatic Grasp Planning Using Shape Primitives*. Konferensbidrag presenterat på 2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Taipei, Taiwan. Hämtad 2020-05-07 från <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1241860>
8. Yancosek, K. E., & Howell, D. (2009). A Narrative Review of Dexterity Assessments. *Journal of Hand Therapy*, 22(3), 258-270. doi: 10.1016/j.jht.2008.11.004
9. Fast-Berglund, Å., Mattsson, S. (2017). *Smart Automation: metoder för slutmontering*. Lund: Studentlitteratur AB
10. Chalmers, (2020), SII-Lab. Hämtad 2020-05-08 från https://www.sii-lab.se/?page_id=669
11. Dahlblom, U. (2003). *Försöksplanering: Faktor försök*. Göteborg: Kompendiet
12. Causey, G. (2003). Guidelines for design of robotic gripping systems. *Assembly Automations*, 23(1), 18–28. doi: 10.1108/01445150310460033
13. Friberg, M. (2014, september 16). ”Svensk industri måste bli smartare.” NyTeknik. Hämtad från: <https://www.nyteknik.se/opinion/svensk-industri-maste-bli-smartare-6397987>

14. Azim, M. S. (2019). *Designing a universal gripping solution for handling part variations in a robot application* (Masteravhandling). Tampere University, Tammerfors.
15. Bozer, Y. A., & McGinnis, L. F. (1992). Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International journal of production economics*, 28(1), 1-19. doi:[10.1016/0925-5273\(92\)90109-K](https://doi.org/10.1016/0925-5273(92)90109-K)
16. Anandan, T. M. (2016). Robotic Bin Picking: The Holy Grail in Sight. Hämtad 2020-06-09 från https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Robotic-Bin-Picking-The-Holy-Grail-in-Sight/content_id/6002

Bilaga 1.1

Sammanställning av drönarkomponenternas vilolägen.

Batteri			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Boxgeometri		Boxgeometri
Batterihållare			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Cylindergeometri		Cylindergeometri
	Boxgeometri (invändigt)		
Batteriklämma			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Boxgeometri		Boxgeometri
	Viloläge 3		Viloläge 4
	Boxgeometri		Boxgeometri

Bilaga 1.2

Ben			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Boxgeometri		Boxgeometri
	Sfärgeometri		Sfärgeometri
	Viloläge 3		
	Boxgeometri		
	Sfärgeometri		
Distanskontroll			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Boxgeometri		Boxgeometri
	Cylindergeometri		Cylindergeometri
Distansmotor			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Cylindergeometri		Cylindergeometri
			Sfärgeometri

Bilaga 1.3

PixHawk			
	Viloläge 1		
	Boxgeometri		
Lock			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Sfärgeometri		Sfärgeometri
	Skivgeometri		
Motor			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Cylindergeometri		Cylindergeometri
	Sfärgeometri		
	Boxgeometri		
	Viloläge 3		
	Cylindergeometri		
	Sfärgeometri		
	Boxgeometri		

Bilaga 1.4

PixHawkhållare			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Boxgeometri		Boxgeometri
	Sfärgeometri		Sfärgeometri
	Viloläge 3		Viloläge 4
	Boxgeometri		Boxgeometri
	Cylindergeometri		Cylindergeometri
Propeller			
	Viloläge 1		
	Cylindergeometri		
	Skivgeometri		
Ram			
	Viloläge 1		Viloläge 2
	Cylindergeometri		Cylindergeometri
	Skivgeometri		Skivgeometri
	Boxgeometri		Boxgeometri



CHALMERS