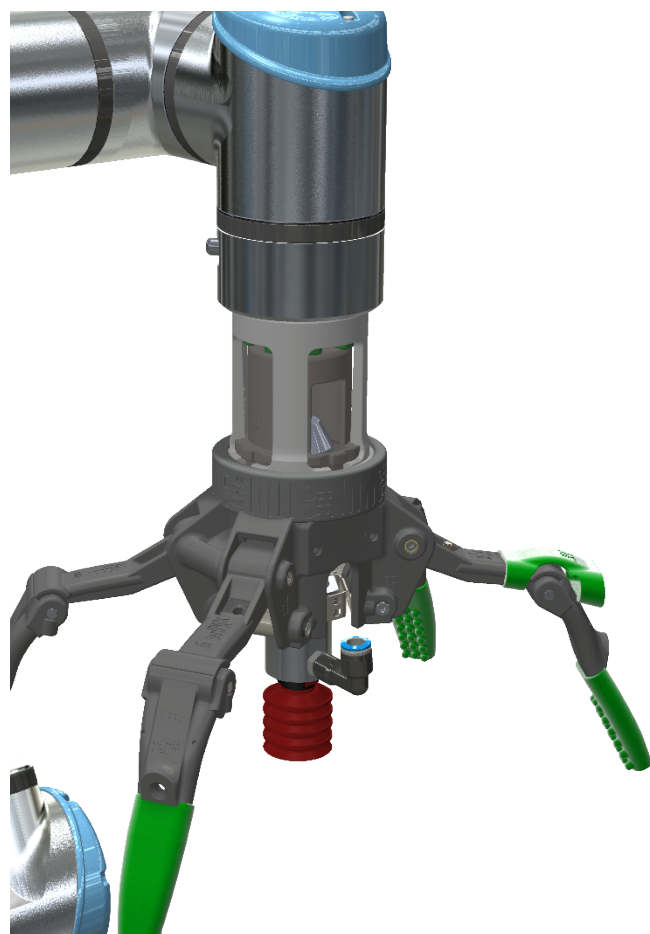

SLUTRAPPORT
MUDP forprojekt
[09/2023 - 09/2025]

Copper Picking Tool



26. AUGUST 2026

Af Michael Hye Nielsen
InCite Robotics ApS



Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram, MUDP, som er et program under Miljøministeriet, der støtter udvikling, test og demonstration af miljøteknologi.

MUDP investerer i udvikling af fremtidens miljøteknologi til gavn for klima og miljø i Danmark og globalt, samtidig med at dansk vækst og beskæftigelse styrkes. Programmet understøtter dels den bredere miljødagsorden, herunder rent vand, ren luft og sikker kemi, men understøtter også regeringens målsætninger inden for klima, biodiversitet og cirkulær økonomi.

Det er MUDP's bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen.

MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen

Lerchesgade 35, 5000 Odense | Tlf. +45 72 54 40 00

Mail: ecoinnovation@mst.dk

[MUDP's hjemmeside](#)

Denne slutrapport er godkendt af MUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse.

SLUTRAPPORT

Copper Picking Tool

FAKTA OM PROJEKTET

Projektperiode: 01/08/2023 - 30/09/2024

Projektdeltagere: InCiteRobotics ApS, EasyVision ApS

Bevilling fra MUDP: 447.785,60 DKK.

Projektleder: Michael Hye Nielsen

FORMÅL

At undersøge, hvilke teknologier der egner sig til affaldshåndtering inden for neddelt metalskrot, med fokus på proceslinjer som indeholder kobber samt rustfri stål. Projektet er udført med tæt tilknytning til skrotsorteringsindustrien. Det vil sige, at behov, kravspecifikationer og andre tiltag, som sikrer industrirelevans, er udformet i forbindelse med dialog og møder med fagrelevante interessenter – i dette tilfælde H.J. Hansen.

H.J. Hansen har udtrykt interesse i at få automatiseret deres stålfraktion (som indeholder kobberklumper) og deres rustfri stålfraktion (hvor brændbart affald samt printplader skal frasorteres).

PROJEKTETS RELEVANS

Vi har udviklet et visionssystem med AI (kunstig intelligens) til at genkende kobber i en affaldsstrøm bestående af stål. Stålet bliver frasorteret med en stor magnet, men i denne proces bliver kobber ofte fanget i stålet – eksempelvis i generatorer og lignende – og ender dermed i samme affaldsstrøm som stålet.

Med vores vision- og AI-system kan vi i dag identificere kobberet, og næste skridt er at få det frasorteret. Denne frasortering skal ske ved hjælp af robotter, som modtager signaler fra vores system om kobberets position på det kørende bånd (line tracking).

En væsentlig udfordring har dog været at finde den rette metode til at gribe kobberet. Derfor søger vi midler til at udvikle et værktøj til robotten, som både kan plukke kobberet effektivt, og lige så vigtigt aflevere det igen uden problemer.

HOVEDRESULTATER

Note: afsnittet her deles op i to; "gribeværktøj og affald" og "gribeforsøg", i overensstemmelse med navngivningen af arbejdspakkerne for dette projekt.

AP1: Gribeværktøj og affald

Arbejdspakken har haft fokus på at finde et egnet gribeværktøj samt at udvælge og karakterisere den type affald, der er i fokus. Yderligere dokumentation, samt billeder, for denne arbejdspakke kan findes i bilag 1 og 2

Udviklingen af gribeværktøjet er sket i samarbejde med The Gripper Company og er indledningsvist baseret på en pneumatisk drevet fire-finger-løsning, som virksomheden har udviklet. Ændringer på værktøjet forventes at forekomme ved en implementering. En sugekop kan tilvælges, for at gøre det muligt at plukke printplader.

Stålfractionen indeholder materiale som kan samles op med en magnet. Ved denne fraktion ligger værdien i at frasortere kobber, så dette kan genanvendes. Ved den rustfri stålfraction frasorteres man al materiale som ikke er rustfri stål, yderligere vil der til tider i denne fraktion fremtræde printplader, som skal sorteres i en bunke for sig, da disse indeholder genanvendelige ædelmetaller. Testemner er indsamlet fra begge fraktioner, med formål at teste gribeværktøj, samt yderligere træning af AI algoritmer til genkendelse.

AP2: Gribeforsøg

Der er udført test på stillestående kobberklumper for indledningsvist at vurdere egnetheden af gribeværktøjet. Godset bevæger sig med en hastighed, hvor griberens åbne/lukke-tid ikke er en afgørende faktor for, om alle emner kan plukkes fra linjen, inden de er uden for robottens rækkevidde. Da man ikke er bekymret for godsets "tilstand" er den eneste begrænsning for klemkraften, selve dimensioneringen af værktøjet. Værktøjet kan fint gribe om store og små kobberemner, dog er det noteret at sugekoppen kan være en hindring ved nogen kobber emner. Sugekoppen har til formål at udvide antallet af emnetyper, som kan plukkes fra linjen – herunder blandt andet printplader. Der var ikke tilfælde hvorved emnerne sad fast i griberen, dog hvis det viser sig senere at dette kan blive tilfældet, kan der designes udstyr, som har til formål at skrabe emner af værktøjet, inden denne går til næste emne som skal plukkes. Yderligere dokumentation findes i bilag 3.

En opstilling for automatisering af H.J Hansens rustfri stålfraction er designet ud fra deres aktuelle rumdimensioner samt sorteringsbånd. Yderligere dokumentation på opstilling og layout kan findes i bilag 3.

PROJEKTFORLØB OG ERFARINGER

Projektet har i sit forløb været præget af udskiftning i mandskab, og har dermed fået tildelt en forlængelse i projektperioden. Den indledende fase fokuserede på behovsafdækning og kravspecifikationer i tæt dialog med industrien, hvilket sikrede høj relevans og anvendelighed af de udviklede løsninger.

Projektet var oprindeligt tiltænkt at tage udgangspunkt i frasortering af kobber. H.J. Hansen har dog givet udtryk for større tryghed ved at automatisere deres rustfri stålfraktion, da deres stål fraktion (som indeholder kobber) er mere kritisk for deres drift. Design og layout er derfor dimensioneret efter H.J. Hansens rustfri stål fraktion, i håb om, at chancen for en senere implementering øges.

Indledende erfaringer med gribeværktøj er dannet, og for at systemet yderligere kan modnes, skal en opstilling laves, hvorved yderligere erfaringer kan have indvirkning på det endelige design.

KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

Forprojektet har med succes undersøgt mulighederne for automatiseret affaldshåndtering af neddelt metalskrot, med særligt fokus på fraktioner indeholdende kobber og rustfri stål. Projektet har resulteret i udviklingen af et system, som kan identificere kobber i en affaldsstrøm af stål, samt et gribeværktøj designet til robotbaseret sortering af disse materialer.

Testforsøg har vist, at det udviklede gribeværktøj er egnet til at håndtere både store og små kobberemner, og at sugekoppen kan udvide anvendelsesområdet til bl.a. printplader. Der er dog identificeret enkelte begrænsninger, som kan adresseres i et videre udviklingsforløb. Projektet har også designet en automatiseringsløsning til H.J. Hansens rustfri stålfraktion, baseret på deres eksisterende faciliteter.

Resultaterne fra forprojektet vurderes som lovende og relevante for industrien, og der er et klart potentiale for at videreføre arbejdet i et udviklingsprojekt. Næste skridt vil være at etablere en opstilling hos H.J. Hansen for yderligere at kunne vurdere løsningen i drift.

BILAG 1: GRIBEVÆRKTØJ

L1.1: Dokumentation af valgte gribeværktøj

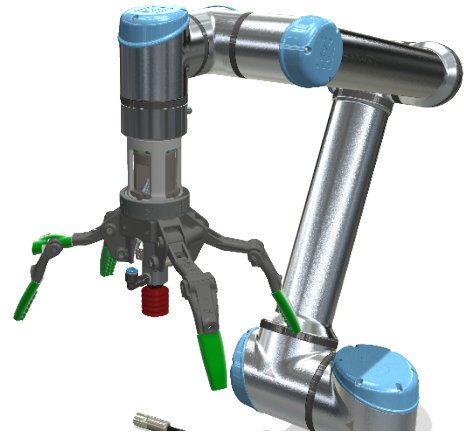
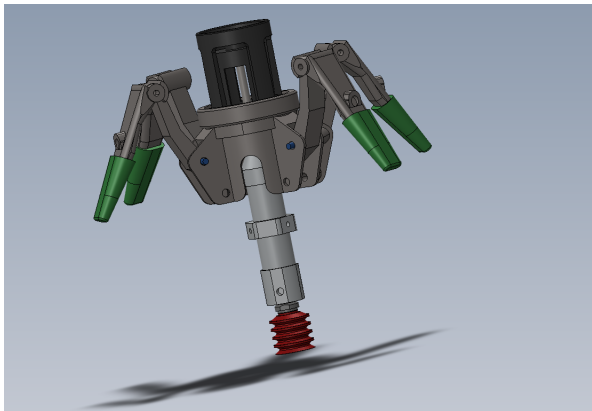
Det besluttet at designe en griber. Det er forventet at designet på griberen bliver ændret i takt med testresultater fra AP2, herunder materiale, form og andet. Værktøjet udvikles i samarbejde med The Gripper Company.

Krav til griber

- Hastighed: Griberen skal kunne åbne og lukke hurtigt, for at følge med metalstrømmen
- Fleksibilitet: Griberen skal kunne tilpasses forskellige størrelser og former af kobber emner
- Klem kraft: Det vigtigt griberen kan håndtere tunge emner

- Frigivelse af vanskelige emner: så som emner med kobbertråd og andet
- Materiale: miljøet er slidende og fugtigt, så nøje overvejelser for materiale er vigtigt

Billedet herunder illustrerer de indledende design valg.



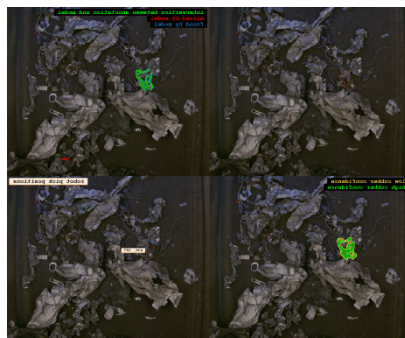
Indledende design er med fokus på at opfylde følgende:

- Stor klem kraft, præcis styring (pneumatisk drevet)
- Hastighed: Pneumatiske aktuatorer giver anledning til høj åben og lukke hastighed
- Flexibilitet: De fire fingre giver mulighed for at gribe store som små emner. Sugekoppen kan tilvælges hvis flade emner fremkommer i affaldsstrømmen.
- Materiale: indledningsvist vil denne være lavet i plast, for det færdige værktøj vil dette ikke være tilfældet.

L1.2: Affaldsemner

Karakteristika, jern fraktion

Indeholder ferromagnetisk materiale. Ved denne fraktion ligger værdien i at frasortere kobber, så dette kan genanvendes. Billeder herunder viser, fra venstre til højre: affaldsstrøm med kobberelementer markeret, computer vision genkender kobber, en bunke af frasorteret kobber.



Forsøgsemner

Emner, som afspejler nogen af de førnævnte karakteristika, består indledningsvist af genstande som kan findes på kontoret og i værkstedet (små klodser, printplader, magnetpoler m.m). Dette skal bruges til de indledende kalibreringer af testopstillingens funktioner, samt tests af prototypeværktøjet. Der vil sideløbende være dialog med HJ-Hansen, om at få noget mere retvisende

affaldsemner, fra deres sorteringslinje. Forsøgsemner er valgt med formål at teste griberens evne til at samle objekter med stor forskellighed i form og størrelse.

Listen af test emner er

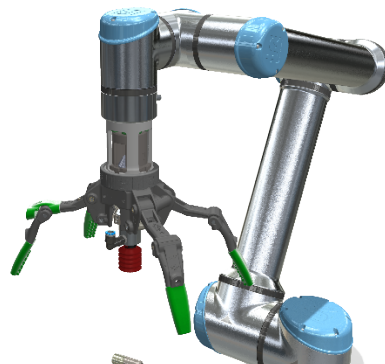
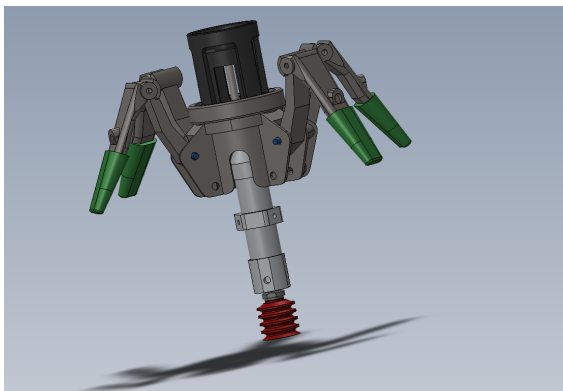
- Forskelligfarvede små klodser
- Printplader, kabler m.m indsamlet fra InciteRobotics kontor og værksted
- Emner fra Hj-Hansens jernfraktion

BILAG 2: COPPER PICKING TOOL – INDLEDENDE DESIGN

Krav for værktøj

- Hastighed: Griberen skal kunne åbne og lukke hurtigt, for at følge med metalstrømmen
- Flexibilitet: Griberen skal kunne tilpasses forskellige størrelser og former af kobber emner
- Klem kraft: Det vigtigt griberen kan håndtere tunge emner
- Frigivelse af vanskelige emner: så som emner med kobbertråd og andet
- Materiale: miljøet er slidende og fugtigt, så nøje overvejelser for materiale er vigtigt

Indledende prototype/design



Pneumatisk 4 fingret griber, med sugekop

Indledende design er med fokus på at opfylde følgende

- stor klem kraft, præcis styring (pneumatisk drevet)
- Hastighed: Pneumatiske aktuatorer giver anledning til høj åben og lukke hastighed
- Flexibilitet: De fire fingre giver mulighed for at gribe store som små emner. Sugekoppen kan tilvælges hvis flade emner fremkommer i affaldsstrømmen.
- Materiale: indledningsvist vil denne være lavet i plast, for det færdige værktøj vil dette ikke være tilfældet.

Næste skridt...

- Test i AP2 har til formål, at afklare egnetheden af prototype designet, herunder vil der bl.a. Lægges vægt på værktøjets evne til at løsrive sig fra vanskelige emner.

BILAG 3: GRIBEVÆRKTØJ

L2.1: dokumentation af gribeforsøg

Testformål: at vurdere valget af værktøj på parametrene, testen er foretaget i samarbejde med The Gripper Company, på deres lokation.

- Hastighed: Griberen skal kunne åbne og lukke hurtigt, for at følge med metalstrømmen
- Flexibilitet: Griberen skal kunne tilpasses forskellige størrelser og former af kobber emner
- Klem kraft: Det vigtigt griberen kan håndtere tunge emner
- Frigivelse af vanskelige emner: så som emner med kobbertråd og andet

Afgrænsning:

Der er lavet tests hvorved skrot emner er stillestående.

Resultat:

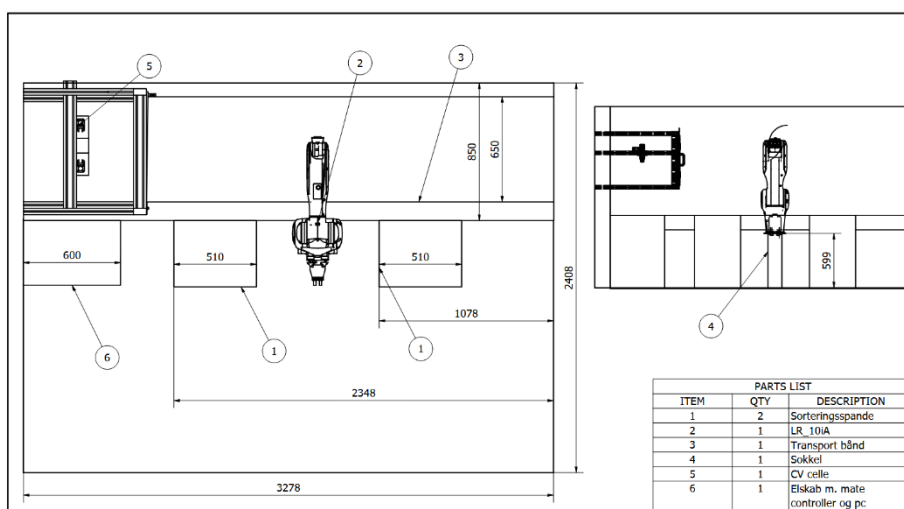
Strømmen af gods kommer med en hastighed, hvorved griberens åbne/lukke tid, ikke er en afgørende faktor for om alle emner kan plukkes fra linjen, inden disse er uden for robotens rækkevidde. Da man ikke er bekymret for godsets "tilstand" er den eneste begrænsning for klemkraften, selve dimensioneringen af værktøjet.

Værktøjet kan fint gribe om store og små kobberemner, dog er det noteret at sugekoppen kan være en hindring ved nogen kobber emner. Sugekoppen har til formål at udvide emnetyper som kan plukkes fra linjen, herunder bl.a. printplader.

der var ikke tilfælde hvorved emnerne sad fast i griberen, dog hvis det viser sig senere at dette kan blive tilfældet, kan der designes udstyr, som har til formål at skrape emner af værktøjet, inden denne går til næste emne som skal plukkes.

L2.2: testopstilling

Herunder ses en kort gennemgang af designet forsøgsopstilling. Opstillingen er designet ud fra rumdimensioner samt sorteringsbånd, som er at finde ude på HJ-hansens rustfri stålfraktion. Det bør nævnes at denne opstilling er med henblik på tests, hvorfor der ikke er tiltænkt komponenter til sikkerhed, som f.eks. troax hegn. Yderligere dokumentation på krav osv, ses i vedhæftede dokument "krav til testopstilling".



Procesforløbet for opstillingen er følgende

1. Test emner bliver lagt på rullebånd, manuelt
2. Testemner bliver med bånd ført igennem computer vision celle, hvor lokation og kategori afgøres
3. Computer vision sender lokation af testemner til robot
4. Testemner føres med transportbånd mod robot
5. Robot griber emnet, og placerer den i sorteringskasse, alt efter kategori. Kobber, rustfri stål eller printplade.

L2.3: Tilknyttet dokumentation

- PowerPoint med
 - o Video fra første gribeforsøgs test.
 - o Video fra computer vision test.
 - o Layout af opstilling og færdig designede systemer.
 - Dokument: Krav til testopstilling
-

Læs mere om MUDP på [vores hjemmeside](#)

