



Den lille hjælper

Projektets formål og resultat

Projekts formål

Arbejdspakken "Den lille hjælper" har til formål at levere en løsning, som øger lønsomheden og effektiviteten ved at åbne for, at opgaver, som kun løses periodevis, også kan automatiseres. Løsningen skal fjerne flaskehalse, som opstår fordi arbejdsmiljøet kræver megen rotation, eller fordi opgaven kræver ekstraordinær bemanning. Endelig har arbejdspakken til formål at automatisere opgaver, som involverer simple opgaver, som belaster arbejdsmiljøet.

Opnåede effekt af projektet

Projektet har leveret en funktionsmodel, som med succes har demonstreret, at de valgte arbejdsopgaver kan udføres. Projektet sandsynliggør, at platformen på sigt nemt kan aflaste medarbejderne ved at automatisere ensidigt gentaget arbejde, effektivisere slagteriernes produktion ved reduktion af enhedsomkostninger samt levere en fleksibel rentabel automatiseringsløsning til visse mindre opgaver. Der er i projektet arbejdet mod modning og implementering efter projektperiodens afslutning.

Resultat vs. formål opdelt på bruger, sektor og samfund

	Formål	Resultat
Bruger	- Reduceret tidlig nedslidning af operatører	Demonstrator-opgaverne er valgt med henblik på at kunne fjerne ensidigt gentaget arbejde / muskel-skelet-besvær. Resultatet af projektet er, at platformen beviseligt kan udføre dele af opgaverne på vegne af operatøren.
Sektor	- Øget effektivisering	Demonstrator-opgaverne er samtidigt gode eksempler på mindre opgaver, som hidtil ikke

	<ul style="list-style-type: none"> - Øget automatisering - Reducerede omkostninger til sygedage 	har været rentable at automatisere. Platformen leveret inden for dette projekt stiller på sigt en rentabel løsning til rådighed for branchen.
Samfund	<ul style="list-style-type: none"> - Øget livskvalitet for operatører 	Her vil personalet på sigt opleve færre fysiske gener.

Oplæg til videre arbejde

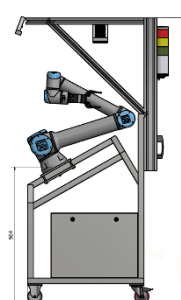
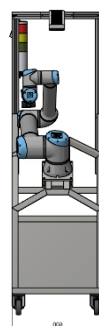
Næste skridt i projektets videreførelse er uden for SAF's regi. Dette indebærer demonstration og modning af teknologien i samarbejde med udvalgte slagterier og en maskinbygger. I begyndelsen af 2021 er planlagt aktivitet med henblik på at afdække den lille hjælpers umiddelbare potentiale på et udvalgt slagteri. Derudover er der igangsat aktivitet til patentering af maskinens essentielle teknologi.

Beskrivelse af løsningen

Beskrivelse af funktionsprincip

Den lille hjælper er en mobil robotplatform, som består af en hjulbesat stålråmme, en påmonteret kollaborativ robot (cobot) og et intelligent visionsystem. Som *Proof of Concept* er den lille hjælper i projektet afgrænset til at varetage to EGA og MSB-belastede pakkeopgaver: Ilægning af frosne, nettede brystflæskruller fra bord til hvidvogn, og udtagning af frosne brystflæskruller fra nettestation, kendt i projektet som hhv. case 13.2 og 13.3.

Kontrolsystemet arbejder autonomt, og det intelligente visionsystem kan på egen hånd lokalisere og udpege produktionsemner med stor variation. Platformen er mobil med hjul og flyttes mellem lokationer manuelt. For at sikre systemets egen-stivhed, arbejdsmiljøsikkerhed samt nem tilslutning og opsætning kan den mobile platform kobles på en fast docking station inden brug. Denne kan installeres ved enhver arbejdsstation hvor det er nødvendigt



Robot

Robotten er en model UR10e fra Universal Robots. Den har indbyggede sikkerhedssensorer i alle led og kan udløse sikkerhedsstop ved kollision med mennesker eller udstyr. Robotten løfter maks. 10 kg inkl. værktøj og har en rækkevidde på 1300mm. Den er fuldt kontrollerbar fra det medfølgende kontrolpanel og har mulighed for at styres af in-house udviklede vision-algoritmer. Robotten kan ikke drives fra et batteri og skal kobles til en ekstern vekselstrømsforsyning.

Platform

Den mobile platform består af to elementer: En bundramme med hjul og en top-ramme til fæstning af 3D-kameraer/sensorer.

Bundrammen er bygget i AISI rustfrit stål 40x40 firkant-rør med en solid egenvægt på ca. 200 kg, så risikoen for overbalance minimeres. Robotten er monteret på bundrammen med en vinkel, så den opnår bedst mulig manøvreedygtighed direkte foran sig. Både bundrammens og toprammens dimensioner er designet, så den kan komme gennem standard-døråbninger og placeres ved en standard-arbejdsplads.

Toprammen er udført i aluminium for at minimere højtsiddende vægt, og for at opnå høj stivhed, så kameraernes placering ikke påvirkes betydeligt ved vibrationer eller stød. På toprammen er pt. monteret et enkelt front-stillet kamera. Der kan monteres op til tre kameraer, hvilket vil betyde, at den lille hjælper også kan udføre vision-opgaver langs siderne.

Dockingstation

Dockingstationen har flere funktioner:

1. Platformen skal kunne genplaceres ved arbejdspladsen på en repeterbar måde, så f.eks. afleveringsstedet for emner altid er pålideligt i forhold til robotens placering. På den måde kan opgaven tages fra vision-softwaren, så denne ikke behøver kodes eller trænes til at genkende og lokalisere forskellige typer af kummer, vogne, kasser og andre afleveringssteder. Dockingstationen yder denne forankring til platformen.
2. Platformen kan, udover elektricitet, have brug for forskellige tilslutninger for at kunne udføre den konkrete opgave, såsom dataforbindelse, trykluft, brine eller andet. En automatisk multikobling er ikke en del af designet endnu, men vil være umiddelbart problemfrit at integrere med markedstilgængelige dele*.

* https://www.ati-ia.com/products/utility_coupler/utility_coupler_Model_Details.aspx?id=UC-GH1

3. I drift kan robotten producere et betydeligt moment omkring monteringspunktet, og alt efter opgaven og vægtfordelingen vil der opstå vibrationer og/eller forskydninger. Dockingstationen yder mekanisk stabilitet til platformen, så vibrationer kan minimeres og utilsigtede forskydninger under drift kan elimineres.

Værktøjer

Der er udviklet et pneumatisk dedikeret gribeværktøj til brystflæskrullerne. Værktøjet er udformet med bløde kanter for at minimere skader ved kollision med operatører. På den måde kan robothastigheden øges uden af kompromittere sikkerheden. Antallet af potentielle klemzoner er minimeret, og selv ved direkte klemning af en finger eller hånd er skadesrisikoen minimal grundet værktøjets eftergivende mekanisme. Denne sikrer et fast og sikkert greb om emnerne samtidig med en minimal risiko for personskade ved utilsigtet klemning



Sikkerhed

For at robotten kan arbejde tæt, trygt og effektivt sammen med operatører skal sikkerheden være på plads. UR10e-robotten er kollaborativ har dermed kraftsensorer indbygget i alle led, så kollisioner kan detekteres, før de udvikler sig kritisk. UR10e-robotten er sikkerhedsgodkendt i sig selv, men kræver en yderligere sikkerhedsgodkendelse baseret på opgaven, værktøjet og andre omstændigheder, før den sættes i drift. Disse indbyggede sikkerhedsfunktioner er oplagte at udnytte i arbejdet med den lille hjælper med henvisning til grænseværdierne og procedurerne fremlagt i ISO/TS 15066:2016.

Andre muligheder for sikring af maskinen omfatter bl.a. (1) sikkerhedsafskærmning af arbejdsområdet eller robotten, (2) akustisk/optisk advarsel ved aktivering og skift mellem drift, pause og stop, (3) zonebaseret sikring med sikkerhedsstop eller reduktion i hastighed. Sikkerheden vil blive defineret og optimeret yderligere i det fremtidige samarbejde med maskinbyggeren.

Beskrivelse af elektriske delsystemer

Kameraer

Platformens sensorsystem består pt. af et enkelt 3D kamera af model Microsoft Kinect Azure. Kameraet skærmes mod væskestæk og kulde med en specialbygget varme- og indkapslingsenhed.

Beskrivelse af software

Hjertet i den lille hjælper er dens intelligente detektions-software, som kan lære at genkende og lokalisere produkter og emner med stor visuel og biologisk variation. Systemet er baseret på kunstig intelligens (AI), og optrænes til en given opgave vha. et sæt af billeder med manuelt udpegede områder. Træningen sker via den cloud-baserede AI-plattform Tensorflow, der oplærer den kunstige intelligens til at genskabe udpegningerne, så de kan udføres pålideligt på live billeder i en driftssituation. Både brystflæskets placering og orientering bestemmes med algoritmen, som leverer et koordinatsæt og en retning på det bedste valg af emne til den efterfølgende aktion. Der er sidenhen videreudviklet på systemet i andet projektregi, så udpegningen kan ske på et endnu større udvalg af underlag.

Testresultater

Resultat af afsluttende test

Frosne brystflæskruller fra bord til kumme

Afsluttende tests blev udført for pick/place d. 28/05/2020 i DMRI's Pilot Plant i Taastrup. På Video1 ses robotten automatisk placere frosne brystflæskruller (uden net) fra stålbord til en kumme med en gennemsnitshastighed på ~475 stk. i timen, målt over 20 stk. Hastighedsspecifikationen på 400 stk./time er altså opnået. Det bør nævnes, at både detektor-systemet og robotten har mulighed for betydeligt større hastighed, og at den eneste begrænsning herfor er sikkerhedsmæssig. Video2 er en virtuel repræsentation af detektionssystemet, og viser tydeligt, at både placering og retning af den udvalgte brystflæskrulle kan bestemmes robust.

[\[Video1 - frosne brystflæskruller Bord → Kumme\]](#)

[\[Video2 - detektion Bord → Kumme\]](#)

Netning assistance af frosne brystflæskrulle

Den afsluttende test for netting assist blev udført d. 04/06/2020, også i Pilot Plant. På Video3 ses robotten trække ruller ud af netkanonen, hvorved operatøren aflastes i arbejdet med at presse den næste rulle gennem kanonen. Hastighedsspecifikationen udpeger en minimumshastighed på 700 stk./time, alt imens videoen viser en hastighed på 670 StK/timen målt over 8 ruller. Dette skal ses i lyset af, at hastigheden begrænses af operatøren, og det anses derfor som problemfrit at

opnå 700 stk./time ved hurtigere indfødning af emner. Video4 viser detektions-algoritmen i funktion: når spidsen af brystflæsket er langt nok fra netkanonen aktiveres programmet. Både brystflæsk og netkanon bestemmes med kunstig intelligens.

[\[Video3 – assistering til netning af frosne brystflæskruller\]](#)

[\[Video4 – detektion netning assistit\]](#)

Det var oprindeligt tiltænkt, at systemet skulle testes i produktionen i løbet af funktionsmodelfasen. Grundet usikkerhed i forbindelse med COVID-19 blev det vurderet, at projektets testarbejde skulle udføres lokalt hos DMRI, så eventuelle fabriksnedlukninger ville få mindre indflydelse på projektets fuldførelse.

Afvielser fra oprindelig kravspecifikation

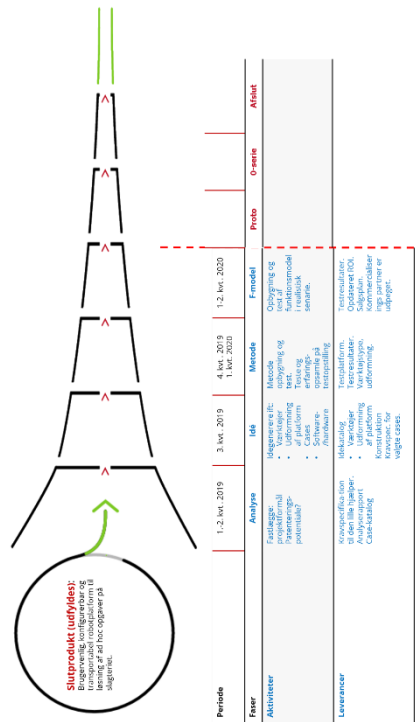
De fysiske aspekter af kravspecifikationen definerer kravene til den endelige maskine til markedsføring. Enkelte af disse fysiske krav er endnu ikke opfyldt på funktionsmodellen.

- Ikke alle overflader er matte for minimering af genskin
- Platformens hjørner/kanter er ikke rundede/bløde

Platformen er ikke udstyret med stødpuder

Projekthistorik

Projektets historie opdelt efter innovationsmodellens faser og med tidslinje



Økonomi

Projektrekningskab med noter – se generel SAF projektkøkonomi ter

Appendix

A1: Oprindelig kravspecifikation

Y:\Projects\P2007985_SAF 75 WP5 Den lille hjælper\Kravspecifikationer

A2: CAD-dokumentation

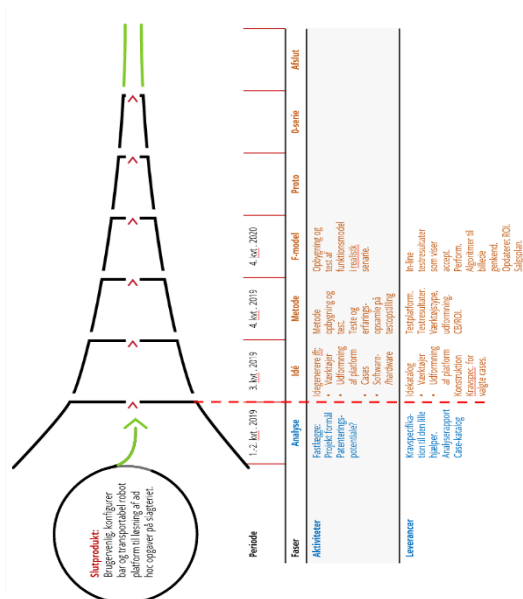
Vault\DMRI\P2007985

A3: Dokumentation fra afsluttende test

Y:\Projects\P2007985_SAF 75 WP5 Den lille hjælper\Dokumentation\Slutrapport\Appendix A3 Final LH Test Pilot 22062020.docx

Oprindelig tidsplan og realiserede tidsplan

Oprindelig tidsplan (08/2019)



Realiseret tidsplan (10/2020)

Se Afsnit 4.1 i rapporten

A5: Budget ved projektstart