



SINTEF Teknologi og samfunn
Produkt og produksjon

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: S P Andersens veg 5
7031 Trondheim
Telefon: 73 59 05 00
Telefaks: 73 59 12 99

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Forprosjekt for automatisert håndtering innen klippfiskindustrien

FORFATTER(E)

Tone Beate Gjerstad, Pål Ystgaard

OPPDRAKSGIVER(E)

FHL Industri og eksport, Bacalao Forum

RAPPORTNR. SINTEF A4962	GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. FHL Bacalaoforum v/ Finn Arne Egeness	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04480-5	PROSJEKTRNR. 508047	ANTALL SIDER OG BILAG 43
ELEKTRONISK ARKIVKODE Rapport klippfiskhandtering.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Tone Beate Gjerstad	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Prof. Terje K. Lien
ARKIVKODE	DATO 2007-12-20	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Jan O. Buljo, forskningssjef	

SAMMENDRAG

Løsning for automatisert pakking av klippfisk og ryggsei er vurdert i et forprosjekt. I litteratursøket ble det ikke funnet noen artikler som omhandler griping og sortering av klippfisk/saltfisk. Det ble heller ikke funnet artikler om håndtering av objekter som ligner i form og konsistens. I dette forprosjektet ble nålegriperen utviklet av SINTEF testet sammen med en parallellgriper utviklet for dette forprosjektet (SINTEF) og vakuumpopper (FESTO). Alle objektene håndtert med nålegriper ble grepet, forflyttet og avlevert uten at noen av objektene falt av under håndteringsprosedyren. Kvaliteten på overflaten på både klippfisk og ryggsei ble noe redusert i form av rifter. For stor akselerasjon og retning på nålene i forhold til muskelfibrenes retning så ut til å påvirke overflatebeskaffenheten. Gripeposisjonen på klippfisken så ut til å ha mindre betydning. Parallellgriperen er godt egnet for håndtering av klippfisk (to gripeelement) og ryggsei (ett gripeelement). Det ble ingen merker på objektene fra griperverktøyet. Vertikale grep med dette griperverktøyet krever større friksjon på fingrene for at objektene ikke skal skli ut av grepet. Vakuumpriperen var dårligere egnet enn forventet. Kun sugekoppene med 40 mm diameter fikk noe feste. I tillegg ble det sugd salt bort fra overflata, som ikke er ønskelig.

Systemer for automatisert kvalitetssortering av klippfisk er delvis utviklet men ikke tatt i bruk. En helautomatisert løsning for kvalitetssortering ansees som ikke aktuelt i nærmeste framtid, og vil kreve en større forskningsaktivitet (ref. tidligere forprosjekt utført av Matforsk og SINTEF IKT).

Tre case skisserer ulike layouter for pakking av klippfisk (case 1 og 2) og ryggsei (case 3). Den økonomiske evalueringen viser kontantstrømmen ved å innføre de skisserte løsningen for automatisert pakking av klippfisk og ryggsei. Den enkeltfaktoren som har størst påvirkning på kontantstrømmen er endring i antall operatører. Case 1 og case 3 tilfredsstillende kravet til tilbakebetalingstid satt av bedriftene på 3-5 år.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Næringsmiddelteknologi	Food Science
GRUPPE 2	Fisk	Fish
EGENVALGTE	Griperteknologi	Gripper Technology
	Automatisering	Automation
	Håndtering	Handling

1	Innledning	3
2	Kort om bedriftene	3
3	Casebeskrivelse	4
3.1	Case 1. Kvalitetssortering av klippfisk (Brødr. Aarseth).....	4
3.2	Case 2. Sortering og pakking av klippfisk ved bruk av grader (Nordmøre Fiskeindustri)	7
3.3	Case 3. Ryggsei (Nordmøre Fiskeindustri).....	8
4	Litteratursøk	10
4.1	Definering av søkeord og databaser.....	10
4.2	Gjennomgang av utvalgte artikler fra litteratursøket	10
4.3	Oppsummering av litteratursøket.....	12
4.4	Generelt om teknologi innen håndtering av matvarer.....	12
4.5	Ny griperteknologi for effektivisering av håndtering og pakking i næringsmiddelindustrien.....	12
4.6	Coandagriper (Patent Pending).....	12
5	Kravspesifikasjon	14
5.1	Krav til case 1	14
5.2	Krav til case 2	15
5.3	Krav til case 3	15
6	Metode for laboratorietester av griperverktøy	17
6.1	Nålegriper	17
6.2	Parallellgriper.....	18
6.3	Vakuumbgriper	19
7	Resultater fra laboratorietester av griperløsningene	19
7.1	Resultater fra tester med nålegriper	19
7.2	Resultater fra tester med parallellgriper.....	22
7.3	Resultater fra tester med vakuumbgriper	23
8	Diskusjon av laboratorietestene	24
8.1	Nålegriper	24
8.2	Parallellgriper.....	26
8.3	Vakuumbgriper	26
9	Vision-systemer	26
10	Forslag til produksjonsceller	27
10.1	Case 1. Pakkecelle for klippfisk ferdig vektsortert.....	27
10.2	Case 2. Pakking av klippfisk som ikke er forhåndssortert på vekt	29
10.3	Case 3. Ryggsei.....	30
10.4	Kapasiteter	33
11	Økonomisk evaluering	33
11.1	Behov for operatører før og etter investeringen.....	33
11.2	Investering i maskiner og utstyr.....	34
11.3	Investering i bygninger og infrastruktur og andre investeringer	34
11.4	Kontantflyt	35
11.5	Oppsummering for investeringsanalysen.....	37
12	Konklusjon	37
	Referanser	39

1 Innledning

Klippfiskindustrien har i de senere år igangsatt ulike prosjekter for å øke effektiviteten i bedriftene. Industrien ønsker en økt grad av automatisering for å stå bedre rustet i konkurransen i markedet. SINTEF Teknologi og samfunn, Produkt og produksjon har på oppdrag fra FHL, Bacalaoforum, utført et forprosjekt for å undersøke mulighetene for økt automatisering av håndteringsoperasjoner knyttet til sortering og pakking av klippfisk.

Målet med prosjektet har vært på basis av analyser, litteratursøk og laboratorietester, å utarbeide forslag til nye konsepter for automatisert sortering og pakking av klippfisk.

Første del av rapporten omhandler en analyse av problemstillingen hvor en kartlegger tilgjengelig teknologi innenfor området. Deretter blir resultatene fra de ulike laboratorieforsøk gjennomgått. Basert på kartlegging og laboratorieforsøk blir det presentert mulige layoutforslag med tilhørende økonomisk analyse.

2 Kort om bedriftene

I forbindelse med oppstartsmøte i prosjektet ble et gjennomført to bedriftsbesøk for å få innblikk i dagens produksjon og kartlegge noen av utfordringene en står ovenfor ved automatisering av produksjonen. De to bedriftene var Nordmøre Fiskeindustri på Averøy og Brødr. Aarseth på Ellingsøya.

Nordmøre Fiskeindustri er en del av selskapet Jangaard Eksport og er en av verdens største klippfisktørkerier. Anlegget leverer også ferskfisk og saltfisk. Bedriften har et samlet produksjons- og fryselagerareal på 12 000 kvadratmeter. Totalt arbeider 70 personer ved dette anlegget. Nordmøre Fiskeindustri har en pakkelinje for klippfisk der fisken blir kjørt over grader, men deres hovedfokus i dette prosjektet var løsninger for automatisert pakking av ryggsei.

Brødr. Aarseth er lokalisert på Ellingsøya, Ålesund. Det er en familiebedrift med 12-15 ansatte. Bedriften produserer saltfisk, tørrfisk og klippfisk. Det ble her sett på rutinene rundt pakking av ferdig gradet klippfisk.

3 Casebeskrivelse

Arbeidet i prosjektet baserte seg på casestudier gjort hos de to bedriftene som ble besøkt. Fremgangsmåten for pakking av klippfisk, som er beskrevet i casene under, ansees å gi en dekkende beskrivelse av utfordringene innen automatisk håndtering av klippfisk. Casene gir et grunnlag for en økonomisk evaluering.

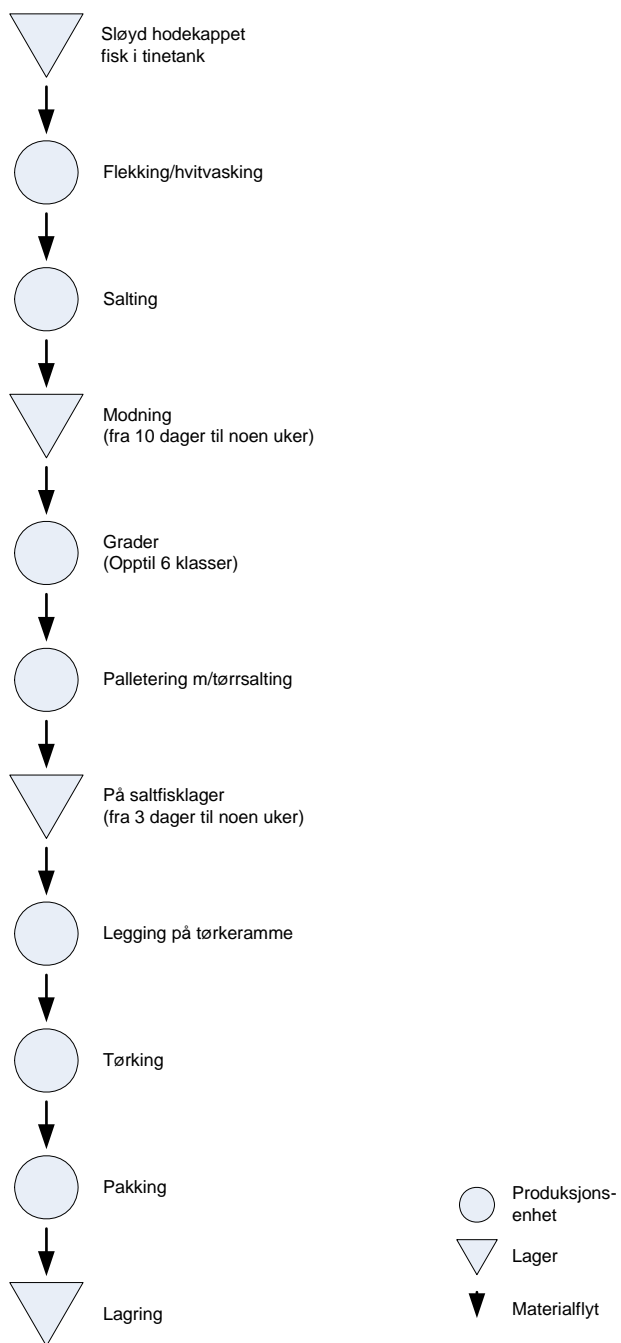
3.1 Case 1. Kvalitetssortering av klippfisk (Brødr. Aarseth)

Mesteparten av saltfisken som ankommer bedriften blir sortert etter størrelse hos produsentene, se Tabell 1. Denne størrelsessorteringen er forskjellig fra størrelsessortering som benyttes for klippfisk. Innenfor de ulike vektklassene har fisken for begge sorteringene samme vekt. Ferskfisk er stort sett usortert (samfengt), mens fryst råstoff er størrelsessortert. I Figur 1 er vist et typisk flytskjema for produksjon av klippfisk fra frossenfisk.

Tabell 1. Størrelsessortering av saltfisk

Torsk	Sei
Opp til 1,0 kg	Opp til 1,3 kg
1,0 – 1,5 kg	1,3 – 2,3 kg
2,5 – 4,0 kg	2,3 kg - oppover
4,0 kg og oppover (alternativt 5,0 og høyere)	

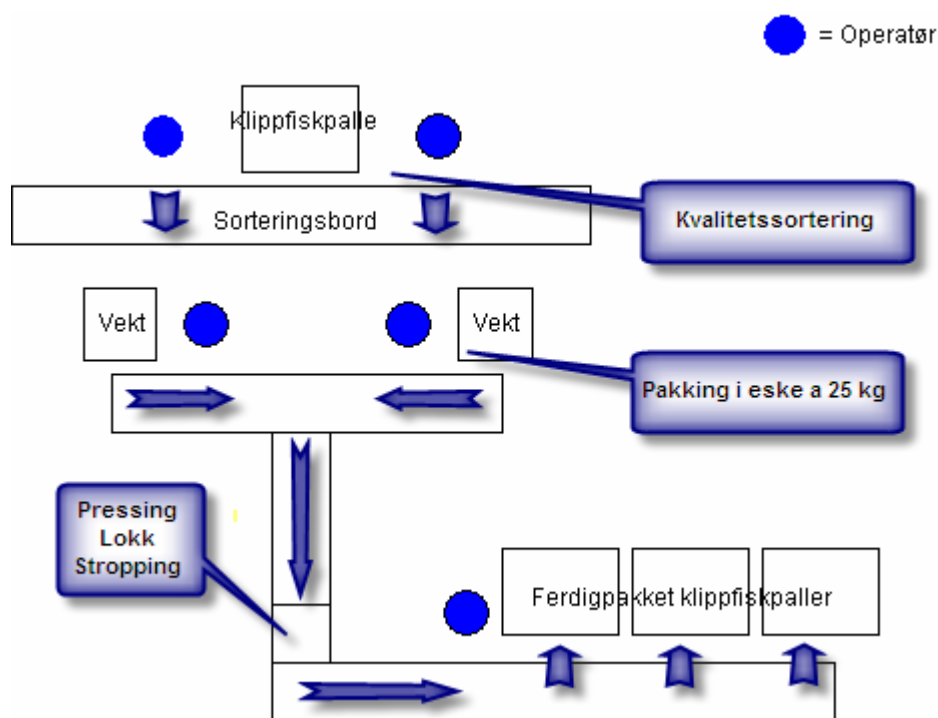
Selve pakkeaktiviteten foregår ved at klippfisken kommer ferdig gradet på pall inn til pakkelinjen. Her blir den kvalitetssortert, i to klasser (og migas/vrakfisk) over ett rullebånd. På andre siden av rullebåndet blir klippfisken pakket i esker på 25 kg. Eskene blir så presset (for å komprimere fisken), satt på lokk og stroppet før eskene går til palletering. Se Figur 2 og Figur 3 for oversikt.



Figur 1. Flytskjema for klipffisk



Figur 2. Stasjon for pakking av klippfisk Brødr. Aarseth



Figur 3. Pakking av klippfisk direkte i kartong

Kvalitetssortering av klippfisken er en subjektiv vurdering av fisken når den tas av rammene etter tørkingen klar for pakking, evt. tas av pall for pakking. Operatørene ser etter følgende kvalitetsfeil:

- Blodflekker
- Leverflekker
- Spalting
- Rundspor
- Avrevet buklapp
- Farge
- Form
- Andre defekter

Tabell 2 viser hvilke kvalitetsklasser de ulike fiskeslagene sorteres i og hvordan fordelingen mellom de ulike klassene normalt er.

Tabell 2 Kvalitetssortering av de ulike fiskeslagene med antatt fordeling mellom klassene

	Superior/Imperial/Primeira	Sortido/Universal	Popular
Torsk	80-90%	10-20%	
Sei	60-70%	20-30%	0-10%
Lange	80-90%	10-20%	
Brosme	80-90%	10-20%	

Klippfisk blir størrelsessortert etter stykketall eller vektgrenser. Vektgrensene benyttes mest til klippfisk som sendes til Portugal, mens stykketall er mest benyttet til de andre markedene. Det benyttes fisk av lik størrelse innenfor de ulike klassene i stykketallsorteringen. Eksempelvis vil fisk i gruppen 10/12 ha en saltfiskvekt på 2,3 – 2,9 kg som tilsvarer klippfiskvekt på 2,1 – 2,5 kg. Fisk i klassene 10/12 og opp til 31/40 representerer det største volumet. Det er vanlig å slå sammen de to minste vektclassene 51/90 i en klasse

Tabell 3 Størrelsessortering i henhold til stykketall

Stykketall (antall fisk per 25 kg kart.)
4/6
7/9
10/12
13/15
16/20
21/30
31/40
41/50
51/70
71/90

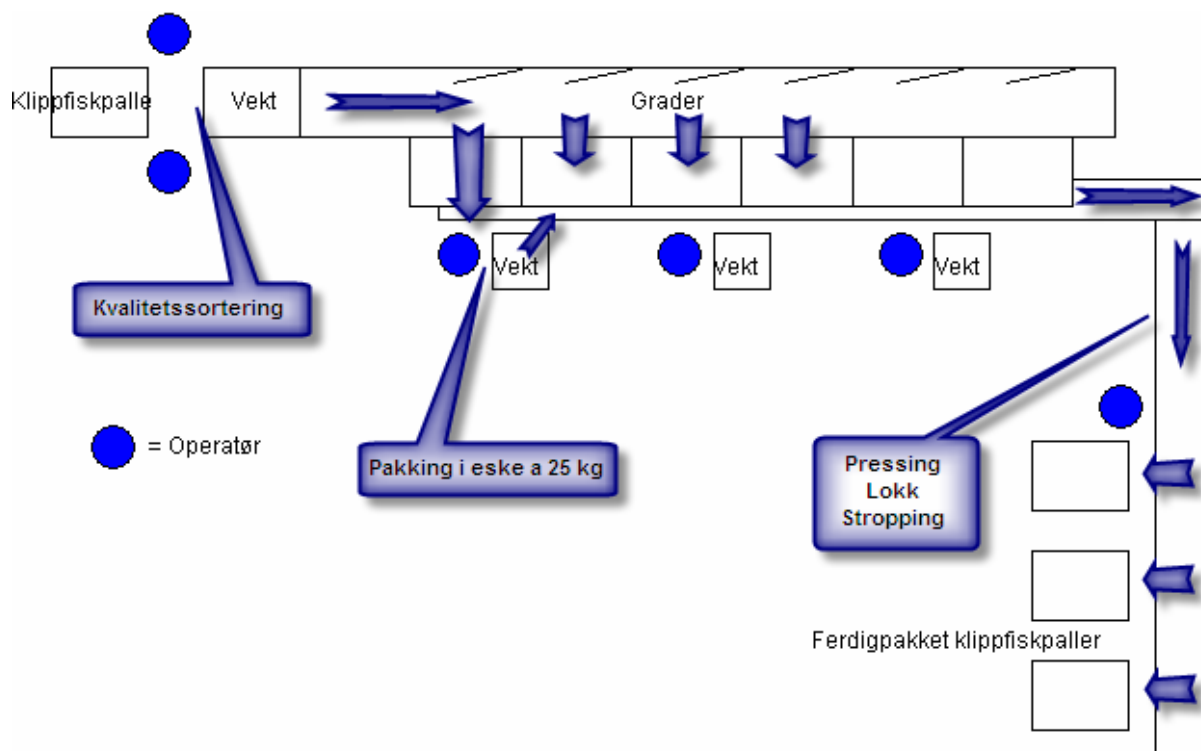
Tabell 4. Størrelsessortering i henhold til vektgrenser

Vektgrenser
Miudo (under 500 g)
Corrente (501-1000 g)
Crescido (1001-2000 g)
Graudo (2001-3000 g)
Especial (over 3001 g)

3.2 Case 2. Sortering og pakking av klippfisk ved bruk av grader (Nordmøre Fiskeindustri)

Bedriften har noe saltfiskproduksjon selv, men kjøper inn ferdig saltfisk fra andre bedrifter i samme konsern eller andre saltfiskprodusenter. Bruk av grader ved pakking av klippfisk, er en avart av håndteringen i case 1, men i dette caset blir klippfisken vektsortert samtidig med at den blir pakket. I en grader blir klippfisken skjøvet ned i båser for aktuelle kvalitets-/vektklasser.

Operatører pakker så klippfisken i esker a 25 kg. Ferdige esker går på ett samlebånd under graderen til palletering. Se Figur 4.



Figur 4. Pakking av klippfisk ved bruk av grader

3.3 Case 3. Ryggsei (Nordmøre Fiskeindustri)

Ryggsei er sei som i rå tilstand måler mindre enn 58 cm og som er splittet uten at ryggbeinet er fjernet. Mesteparten av råstoffet kommer fra Nord-Norge, og markedet er i all hovedsak Afrika. Det er få store aktører (2-3 bedrifter) som videreforedler ryggsei i Norge. De andre aktørene i markedet er små og leverer produkter kun av og til.

Ryggseien skiller seg fra vanlig klippfisk ved at den har lave krav til kvalitet og at det derfor kan tillates mer røff håndtering. Den er også mindre enn vanlig klippfisk.

Ryggseien blir pakket mer eller mindre direkte etter tørking og den ankommer pakkelinjen på tørkebrettene. Her blir brettene snudd manuelt på ett bord. På dette bordet er det en fremskyver som fører ryggseien frem til 5 operatører som legger ryggseien i eske. Eskene går derfra videre til veiing der en operatør justerer vekten på esken til å bli nærmest mulig 9,1 kg (0,1 kg overvekt er lagt inn for å kompensere for tørking under transport). Ryggseien blir deretter presset i eskene av 5 hydrauliske presser i parallell, som komprimerer ryggseien i ca 1 min. Deretter blir det satt på lokk og eskene blir palletert.



Figur 5. Pakkelinje for ryggsei



Figur 6. Toppet eske med ryggsei

4 Litteratursøk

For å avdekke teknologisk status og forskningsfront for automatisk pakking og sortering ble det utført et litteratursøk i relevante databaser. Søket konsentrerte seg rundt griping av myke / halvmyke objekter og sortering av matvarer.

4.1 Definerings av søkeord og databaser

Søket ble gjort gjennom universitetsbiblioteket i Trondheim, avdeling Infosøk. Spørring ble foretatt i følgende databaser:

- Food Sci. &Tech. Abs
- Compendex
- SciSearch
- Foods Adlibra
- Biosis Previews

Søket ble gjennomført med følgende søkeord:

Håndtering av:

Non-rigid product/object	Fish	Vegetables
Semi-rigid product/object	Meat	Food

Håndtering ved:

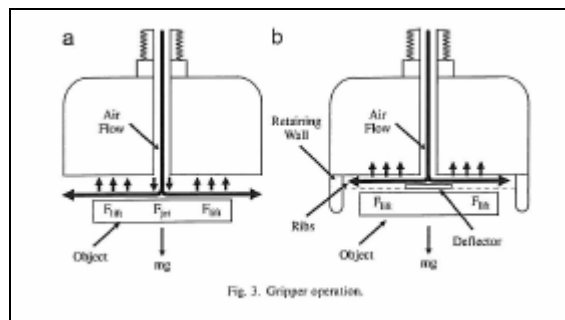
Grasp	End-effector	Grading
Handling	Gripper	Quality
Vacuum	Gripping device	Robot
Packing	Sorting	Automatic

4.2 Gjennomgang av utvalgte artikler fra litteratursøket

Artiklene under er de mest relevante artiklene som ble funnet under litteratursøket. Artiklene er listet opp under referanser.

An end effector based on the Bernoulli principle for handling sliced fruit and vegetables [1]

Artikkelen beskriver en griper utviklet for å plukke tomat- og agurkbiter som kommer ut fra en skivemaskin. Griper benytter seg av en utadgående luftstrøm som strømmer mellom objektet og griperen og dermed skaper et vakuum.



Figur 7. Bernoulligriper

Griperen er avhengig av høy hastighet på luftstrømmen og kan derfor ikke benyttes på følsomme overflater. Forsøkene som blir beskrevet i rapporten var vellykkede, men griperen har en meget begrenset løftekraft.

Artikkelen nevner også andre kjente metoder for å gripe myke matvarer:

- Mekanisk overflate: Objektet blir låst av griperfingre
- Gjennomtrengende: Overflaten av objektet blir gjennomboret med nåler
- Overflatetiltrekning: Vakuumbgriper, frossenflategriper, elektrostatisk griper.

Improving quality inspection of food products by computer vision – a review [2]

Artikkelen tar for seg hovedelementene ved maskinsyn brukt i kvalitetsvurdering av matvarer (kjøtt, fisk, frukt og bakevarer), metoder, anvendelse og nyere forsøk som er gjort innen området den senere tid (2003). Artikkelen påpeker at opplæring av personell for kvalitetsvurdering er en kostnadskrevenne prosess samtidig som det er vanskelig å få en konsekvent objektiv vurdering. Forsøkene i artikkelen bruker blant annet nevrale nettverk for kvalitetsvurdering.

Kommentar: Sintef IKT har tidligere gjort forsøk på automatisk kvalitetsvurdering av klippfisk. Forsøkene viser en god deteksjon av farge og blodflekker på fisken, men vanskeligheter med deteksjon av revner i fiskekjøttet.

Robotic manipulation of food products – a review [3]

Artikkelen tar for seg utviklingen innen manipulatorer brukt i næringsmiddelindustrien innen tre felt: håndtering av myke objekter, innhøsting av matvarer og pakking av matvarer. Flere forskjellige griper blir kort beskrevet i artikkelen.

The usefulness of artificial intelligence techniques to assess subjective quality of products in the food industry [4]

Artikkelen tar for seg hvordan kunstig intelligens og maskinlæring kan brukes i gradering av matvarer. Ut i fra treningssett gradert av et panel kan man "lære" maskinen å gradere matvarer. Artikkelen går inn på problemstillinger og metoder innen maskinlæring.

Grasping the Not-So-Obvious [5]

Denne artikkelen viser flere industrielle systemer for robotgripping vha en to-finger griper. Visionsystem brukes til å finne den mest hensiktsmessige gripeflaten på objekter man på forhånd ikke vet formen på. Systemet finner tyngdepunkt og beste gripeflate.

Automated food handling [6]

Artikkelen beskriver hvordan "smarte" transportbånd, i lag med visionsystem, kan brukes til å sortere matvarer som kjeks og skivede grønnsaker. Transportbånd er billigere og raskere enn en robot.

Meat quality evaluation by computer vision [7]

Artikkelen summerer opp resultatene fra en rekke studier (2003) når det gjelder kvalitetsvurdering av kjøtt. Muligheter og videre utfordringer blir diskutert.

4.3 Oppsummering av litteratursøket

Det ble i litteratursøket ikke funnet noen artikler som omhandler klippfisk/saltfisk med hensyn på griping og sortering. Det ble heller ikke funnet artikler om håndtering av objekter som ligner i form og konsistens.

Tre hovedprinsipper for griping beskrives i flere artikler; Mekanisk, gjennomboring og overflatetiltrekkende. Ingen av disse variantene som blir beskrevet virker direkte overførbar til håndtering av klippfisk. Det ble funnet tre artikler som omhandler kvalitetsvurdering av kjøtt vha vision. Vi fikk også tilsendt en rapport fra Sintef IKT som omhandler klassifisering av salt- og klippfisk. Denne rapporten gir en beskrivelse av hvilke utfordringer som gjenstår på dette området. Det ble oppnådd en god kvalitetsvurdering på farge og flekker, men påpeker vanskeligheten med detektering av spalting i fiskekjøttet. Det trengs mer arbeid på dette området for å ha en fullgod kvalitetssortering.

4.4 Generelt om teknologi innen håndtering av matvarer

”Pick and place” løsninger for direkte håndtering/pakking av matvarer er teknologi som blir brukt per i dag, men da hovedsakelig på produkter med en kjent form som blant annet sjokoladebiter. I den siste tiden har flere leverandører kommet på banen med industrialiserte løsninger for ”pick and place” av fiskeprodukter. Marel har utviklet en celle med vision og flexpicker for fiskebiter. Peter Stette AS har angivelig en løsning for legging av flekket fisk i kar, men det er usikkert hvor godt denne løsningen fungerer.

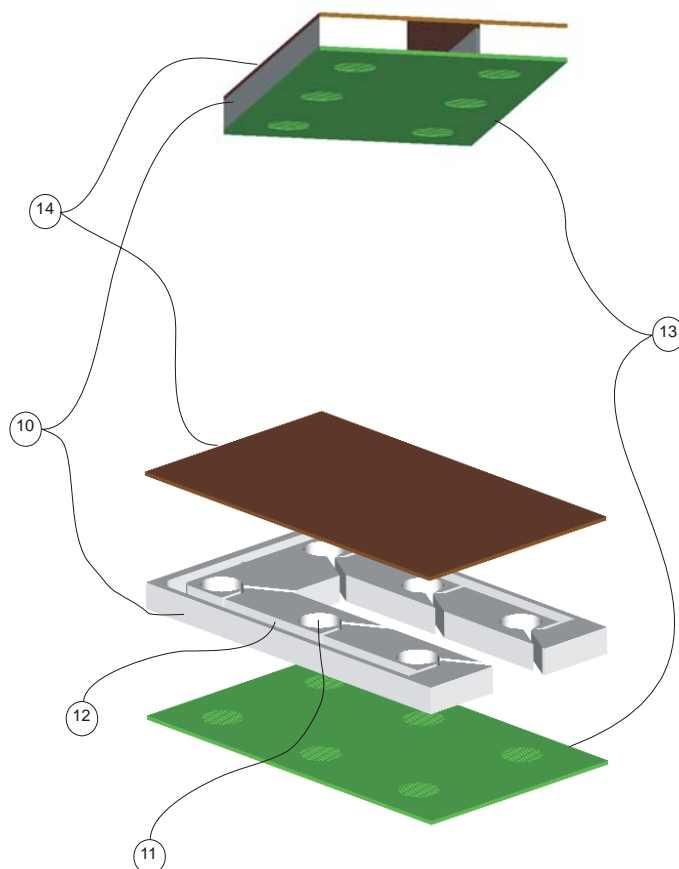
4.5 Ny griperteknologi for effektivisering av håndtering og pakking i næringsmiddelindustrien

I prosjektet ”Ny griperteknologi for effektivisering av håndtering og pakking i næringsmiddelindustrien” [8] ble det utviklet ny og egnet griperteknologi som muliggjør robotisert håndtering av ferske, myke eller halvstive næringsmiddelprodukter (objekter). Tre ulike prototyper ble bygget og testet, kompakt nålegriper, kompakt frossenflategriper og multipingriper. Det ble bygget demonstrasjonscelle i laboratoriet basert på roboter og maskinsyn for å teste og demonstrere den nyutviklede griperteknologien anvendt for konkrete behov for automatisert håndtering blant deltakende foredlingsbedrifter. Det ble foretatt evaluering og tilpassing av den nye teknologien med basis i testresultater. Testingen hadde også til hensikt å avdekke de ulike gripernes arbeidsområde, akselerasjonsnivå under håndteringsoperasjoner og kvalitetspåvirkning på produktene/objektene. Tre av griperkonseptene er patentsøkt nasjonalt og internasjonalt.

4.6 Coandagriper (Patent Pending)

For griping av tekstil, skinn, fiberstoff, plastfolier, kjøtt og fiskefileter ved automatisk håndtering er det behov for en griper som kan handtere ikke stive materialer med varierende form. En mulig metode for å få til en slik griping er å anvende en vakuumpriper med flere sugeåpninger som opererer uavhengig av hverandre. Videre vil en griper for porøse materialer som tekstiler og fiberstoff kreve en stor luftgjennomstrømningskapasitet for hver sugeåpning.

Coandagriperen tilfredsstiller kravene som er nevnt ovenfor. Figur 8 viser en utforming av en slik griper. På figuren er griper vist både sammensatt, sett fra sugesiden og i åpnet avbildning.



Figur 8. Prinsippskisse for Coanda-griper

Hoveddelen i griperen er en plate (10) av egnet tykkelse, typisk 5-20 mm, hvor det er integrert flere ensidige plane coanda-ejektorer(11). Alle ejektorene får primærluft tilført gjennom en felles forsyningskanal (12). Oversiden av griperen er dekket av en tett topp-plate (14). Undersiden er dekket av en bunnplate (13) med åpninger for sugekammeret til hver ejetor. I åpningene sitter et gitter som skal forhindre at stoffet som gripes med undertrykk suges helt inn i sugekamrene.

Ved griping av et materiale vil de sugeåpningen som er helt tildekket gi full gripekraft. Sugeåpninger som er delvis dekket eller ikke dekket vil ikke ha negativ innvirkning på de sugeåpningene som er helt tildekket. Den plane utførelsen av griperen gjør det mulig å lage en griper med maksimal tykkelse 20 mm eller mindre. En slik griper vil være svært velegnet for griping av myke objekter som ligget stablet i hyller.

En annen fordel med denne griperen er at den kan handtere både tette og porøse materialer uten omstilling.

5 Kravspesifikasjon

Kapitlet skal definere de rammebetingelsene som gjelder for pakking av klippfisk og ryggsei i de casene som er beskrevet ovenfor. Under befaringen på bedriftene fikk vi oppgitt noen nøkkeltall som vi har basert kravspesifikasjonen etter. Det ble ikke foretatt noen tidsstudie under befaringen da det ikke var produksjon på linjene under befaringen.

En automatisert celle for sortering og pakking må oppfylle følgende krav:

- Klippfisken må bli presentert for cellen på en fornuftig måte. Fra pall, på samleband, sorteringsbord
- Må kunne foreta en automatisk kvalitetsvurdering
- Må kunne handtere alle de forskjellige kvalitets-/vektklassene (minstekrav bør være alle høyvolumsklasser) uten store omstillinger
- Vektclassifisere/kontrollveie fisk
- Ta ut vrakfisk og ukurante størrelser
- Plukke/håndtere klippfisk på en skånsom måte
- Legge klippfisk stabilt i eske. Effektivt leggemønster.
- Legge rett antall og rett vekt i eskene

Beregninger i de følgende delkapittel benytter generelle produksjonsdata summert i Tabell 5. Bedriftene ønsket en tilbakebetalingstid på 3-5 år.

Tabell 5. Generelle produksjonsdata

Driftsdata		
Dager pr år	240	dager/år
Skift pr dag	1	skift/dag
Timer pr skift	7,5	timer/skift
<i>Timer pr år</i>	<i>1800</i>	<i>timer/år</i>
Lønnskostnad operatør pr time	200	kr/time
<i>Lønnskostnad operatør pr år</i>	<i>360.000</i>	<i>kr/år</i>
Lønnskostnad teknisk pr time	250	kr/time
<i>Lønnskostnad teknisk pr år</i>	<i>450.000</i>	<i>kr/år</i>

5.1 Krav til case 1

Utgangspunktet for kravspesifikasjonen for klippfisk i case 1 er produksjonen som foregår ved Brødr. Aarseth. Operasjonen som skal spesifiseres er håndtering av klippfisk fra pall til eske. Layout av dagens pakkestasjon er vist i Figur 3.

5.1.1 Funksjonelle krav for automatisert pakkecelle for klippfisk

- Alle vektstørrelser og kvaliteter av klippfisk skal kunne pakkes
- Klippfisken ankommer pakkeoperasjonen på pall
- Klippfisk på pall er ferdig vektsortert
- Totalvekt pr kasse skal være så nærme 25,2 kg som mulig, ikke lavere
- Kan pakke to eller flere esker samtidig (mulighet for å sette inn flere vekter og roboter?)
- Areal for pakkecelle er ikke noen begrensende faktor i utgangspunktet
- Generelle produksjonsdata er vist i Tabell 5
- Nøkkeltall for mengde fisk som skal pakkes er vist i Tabell 6 og Tabell 7

- Krav til syklustider gitt pakking av gjennomsnittlig 1000 kartonger pr dag er vist i Tabell 8. Ny løsning må kunne pakke tilsvarende eller større volum.
- Den automatiserte pakkeløsning skal fremstå som et økonomisk konkurransedyktig alternativ til manuell pakking med 2 operatører på 1 skift

Tabell 6. Nøkkeltall for klippfisk knyttet til mengde og enhet

Klippfiskproduksjon	Enhet	
Ant. kartonger pr pall	30	kartonger/pall
Totalvekt pr pall	750	kg/pall
Vekt pr kartong	25	kg/kartong

Tabell 7. Nøkkeltall for klippfisk knyttet til mengde og tid

Klippfiskproduksjon	Tid	
Tonn pr år	6.000	tonn/år
<i>Kg pr år</i>	<i>6.000.000</i>	<i>kg/år</i>
<i>Tonn pr dag</i>	<i>25</i>	<i>tonn/skift</i>
<i>Kg pr skift</i>	<i>25000</i>	<i>kg/skift</i>
<i>Ant kartonger pr skift</i>	<i>1.000</i>	<i>kartong/skift</i>
<i>Ant. kartonger pr time</i>	<i>133</i>	<i>kartong/time</i>
<i>Ant. kartonger pr min</i>	<i>2,2</i>	<i>kartong/min</i>
<i>Tid pr kartong (sek)</i>	<i>27</i>	<i>sek/kartong</i>

Basert på klasse sortert etter antall fisk pr kartong (alternativt vektklasse fisk) blir snitt-tid for automatisert pakking av en fisk i kartong i henhold til Tabell 8. Denne tiden øker med økende størrelse på fiskene, gjenspeilet i færre fisk pr kartong for å oppnå 25,2 kg.

Tabell 8. Håndteringstider for klippfisk i de mest vanlige vektklasser basert på pakking av gjennomsnittlig 1000 kartinger pr dag

Antall	Snitt ant fisk pr kart.(stk)	Snittvekt fisk (kg)	Snitt tid pr fisk (sek)	Min. tid pr fisk (sek)
10/12	11	2,3	2,5	2,3
13/15	14	1,8	1,9	1,8
16/20	18	1,4	1,5	1,4
21/30	26	1,0	1,0	0,9
31/40	36	0,7	0,8	0,7

5.2 Krav til case 2

Kravene til dette caset er de samme som i case 1, men i dette tilfellet er ikke klippfisken gradet før pakking. Dvs. at en pakkecelle må kunne håndtere alle kvaliteter/vektklasser.

5.3 Krav til case 3

Ryggseien ankommer pakkeoperasjonen på rammer/vogn usortert i forhold til kvalitet og størrelse, dvs. samfengt.

- Alle vektstørrelser og kvaliteter av ryggsei skal kunne pakkes i samme pakkecelle
- All ryggsei på ramma skal pakkes. Ingen kvalitetssortering.
- Totalvekt pr kasse skal være så nærme 9,2 kg som mulig, ikke lavere
- Kan pakke flere esker samtidig (mulighet for å sette inn flere vekter og roboter?)

- Areal for pakkecelle er i utgangspunktet ikke noen begrensende faktor
- Generelle produksjonsdata er vist i Tabell 5
- Nøkkeltall for mengde fisk som skal pakkes inklusive krav til syklustider gitt pakking av gjennomsnittlig 45 000 fisk pr dag er vist i Tabell 9 og
- Tabell 10
- Den automatiserte pakkeløsning skal fremstå som et økonomisk konkurransedyktig alternativ til manuell pakking med 5 operatører på 1 skift

5.3.1 Funksjonelle krav til automatisert pakkecelle for ryggsei

Dette avsnittet har til hensikt å spesifisere kravene som er definert for ryggseilinen hos Nordmøre Fiskeindustri. Det er tatt utgangspunkt i den kapasitet som er på linjen i dag. Tallene er oppgitt ved besøk hos Nordmøre Fiskeindustri. Antall fisk, rammer og vogner vil variere noe i forhold til størrelsen på fisken. I tabellene er det tatt utgangspunkt i en snittstørrelse på 400g og 45 fisk/ramme. Tallene tar utgangspunkt i produksjon i ett skift pr 7,5 time.

Tabell 9. Nøkkeltall for ryggsei knyttet til mengde og enhet

Ryggsei	Enhet	
Antall fisk pr skift	45.000	fisk/skift
Antall fisk pr ramme	45	fisk/ramme
Antall rammer pr vogn	25	rammer/vogn
Teoretisk snittvekt pr ryggsei	0,40	kg/fisk
Kg pr kartong	9	kg/kartong
<i>Antall fisk pr kartong</i>	<i>23</i>	<i>fisk/kartong</i>

Tabell 10. Nøkkeltall for ryggsei knyttet til tidsfaktor

Ryggsei	Tid	
<i>Antall rammer pr skift</i>	<i>1.000</i>	<i>rammer</i>
<i>Antall vogner pr skift</i>	<i>40</i>	<i>vogner/skift</i>
<i>Totalvekt fisk pr skift</i>	<i>18.000</i>	<i>kg/skift</i>
<i>Antall kartong pr skift</i>	<i>2.000</i>	<i>kartong/skift</i>
<i>Antall kartong pr time</i>	<i>267</i>	<i>kartong/time</i>
<i>Antall kartong pr. min</i>	<i>4</i>	<i>kartong/min</i>
<i>Tid pr kartong (sek)</i>	<i>14</i>	<i>sek/kartong</i>
<i>Tid pr fisk i kartong (sek)</i>	<i>0,6</i>	<i>sek/fisk</i>
<i>Tid pr ramme (sek)</i>	<i>27</i>	<i>sek/ramme</i>
<i>Tid pr vogn (sek)</i>	<i>675</i>	<i>sek/vogn</i>
<i>Tid pr vogn (min)</i>	<i>11,25</i>	<i>min/vogn</i>

Nordmøre Fiskeindustri er åpen for å øke pakketiden for ryggsei dersom det er mulig med hel-automatisert pakking da det er rimeligere å ha en operatør på ettermiddagsskift enn mange operatører på dagskift.

6 Metode for laborietester av griperverktøy

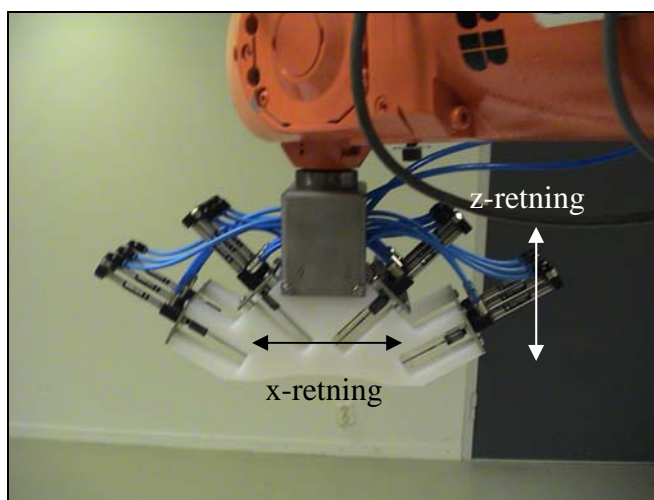
Griperverktøy for automatisert håndtering av ryggsei og klippfisk (objektene) ble testet. Målet med testene var å undersøke griperverktøyenes evne til å gripe, holde og avlevere objektene. Kraften som krevdes i verktøyet for å oppnå et godt inngrep med objektene skulle avklares og hvordan objektenes overflatebeskaffenhet etter kontakten med griperne ble påvirket.

Gripernes egnethet i forhold til håndtering av ryggsei og klippfisk ble vurdert på bakgrunn av deres evne til å gripe – holde – og avlevere objektene samt hvordan griperne påvirket objektene i håndteringssekvensen. Overflatebeskaffenheten ble vurdert visuelt ved å se på objektens overflate før og etter håndteringsprosedyre. Resultatene ga svar på om det var behov for forbedringer eller videreutvikling av eksisterende løsninger eller om nye griperløsninger måtte utvikles basert på andre prinsipper.

Resultatene fra disse testene, kravspesifikasjonen samt litteratursøket ga grunnlag for å utvikle forslag til konsept for automatisert håndtering av ryggsei og av klippfisk.

6.1 Nålegriper

Nålegriperen som skal benyttes i dette forsøket består av seks par rette nåler som danner et kryss og låser av, når de stikkes inn i objektene. I de innledende testene skal man undersøke nålenes evne til å trenge gjennom objektet, hvilken kraft som er nødvendig for gjennomtrengingen samt om det dannes sår, rift eller andre skader på objektene.



Figur 9. Nålegriper med 6 par rette nåler

Det forventet beste grepet oppnås når fiskens lengderetning legges i griperens y-retning i hht. Figur 9, dvs. at nålene stikkes inn 90 grader i forhold til muskelfibrenes lengderetning.

Kraften som settes på sylindrene kan variere. I laborieforsøkene har vi mulighet for å teste maksimalt 7 bar trykk på luft inn til sylindrene. Det skal undersøkes hvor lav denne kraften kan være samtidig som nålene stikkes lett inn i objektene uten at objektene skades. Først testes maksimalt trykk og avhengig av resultatene velges to nivå hvorav det ene er meget lavt og det andre ligger mellom maksimalt og minimalt trykk. I Tabell 11 er faktorene med valgt tallverdi listet opp. Løftehøyden er valgt for å teste om objektene sitter godt fast i griperverktøyene og ikke faller av. Avleveringshøyden er satt litt over leveringspunktet for å kunne vurdere hvordan objektene frigjøres fra griperfestet.

Tabell 11. Variable faktorer for testing av ulike griper

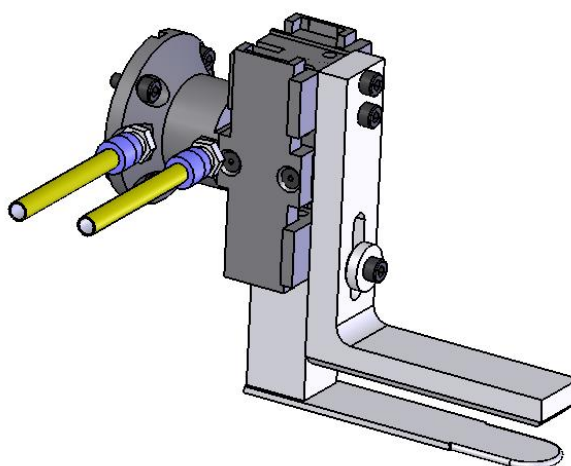
Faktor	Nålegriper
Orientering av objekt i forhold til griperverktøyets orientering	x-retning y-retning
Lufttrykk	7 bar (maksimalt) 4 bar (medium) 2 bar (lavt)
Løfthøyde over fastsatt posisjon - test av gjennomtrengning av nåler - test av holdeevne	50 mm 200 mm
Avleveringshøyde over fastsatt posisjon	50 mm

Metode for test av nålegriper

1. Objektene legges i fastsatt posisjon
2. Bilde tas av objektet, visuell vurdering av overflatebeskaffenheten utføres
3. Griperen som er festet i roboten går ned i hente-posisjon og nålene stikkes inn i objektet. Minste avstanden fra nålespissene til transportbåndet er 2 mm.
4. Roboten løfter objektet 5/20 cm over fastsatt posisjon
5. Roboten senker objektet til 5 cm over fastsatt posisjon
6. Objektet frigjøres fra griperen
7. Det tas bilde av objektet og visuell vurdering av overflatebeskaffenheten utføres

6.2 Parallellgriper

Et nytt prinsipp for griping er utviklet for håndtering av ryggsei. Den nye prototypen består av to flate fingre festet til en parallellgriper. Begge fingrene klemmes sammen mot sentrum av parallellgriperen. I motsetning til nålegriperen, vil denne griperen føres inn mot objektene fra objektens side. Griperen vil kunne gripe objektene i ulike posisjoner, både liggende på et flatt bord, på brett (med trånetting) eller i vilkårlig posisjon i en haug med andre objekter (ryggsei). Deretter vil roboten kunne orientere objektet i forhold til leggemønster i emballasjen.


Figur 10. Parallellgriper med to fingre

Begge fingrene er laget i aluminium med glatt overflate. Lengde på fingrene er 80 mm. Maksimal avstand mellom fingrene er 20 mm, som er begrenset av parallellgriperen. Det er forventet at kraften som benyttes for å klemme fingrene sammen vil være mer enn stor nok for et godt grep om objektene, se Tabell 11. Løfthøyden er valgt for å teste om objektene sitter godt fast i

griperverktøyene og ikke faller av. Avleveringshøyden er satt litt over leveringspunktet for å kunne vurdere hvordan objektene frigjøres fra griperfestet.

Metode som beskrevet for test av nålegriper ble også benyttet for Parallellgriperen, men etter å ha løftet objektene en gitt høyde over fastsatt posisjon, førte roboten objektene rundt i en sirkel før de ble avlevert som beskrevet for nålegriper.

6.3 Vakuumgriper

Vakuumgripere er mye benyttet i næringsmiddelindustrien, men da for objekter med glatte overflater (eks. sjokolade) og for emballerte objekter. For fisk- og kjøttprodukter som har en ujevn overflate, myk konsistens og inneholder kjøttsaft har disse griperne ikke vært egnet. De to viktigste motargumentene har vært at ujevn overflate gir mange slippssituasjoner, men kanskje aller viktigste argumentet har vært mangel på hygienisk design. Mange bend og vanskelig tilgjengelige kroker innvendig i griperet systemet gir grobunn for bakterier som blant annet Listeria.

I henhold til leverandører av vakuumkopper har de utviklet gripere med bedre hygieniske løsninger. Det var derfor interessant å teste om dette kunne være et alternativ til nålegriperen. I tillegg til gripeeve, er det også viktig å se på om vakuumkoppene trekker salt bort fra fiskene slik at det dannes merker i fiskenes overflate. Tre ulike størrelser av vakuumkopper skulle testes. Innledende test ble utført for å se hvor godt grep som ble oppnådd. Deretter skulle metoden som beskrevet for nålegriperen benyttes.

7 Resultater fra laboratorietester av griperløsningene

For alle griperløsninger var objektens vekt viktige. Klippfiskene varierte fra 1600 g til 2440 g, mens ryggseien varierte fra 280 g til 298 g. Vekten på de enkelte fiskene er vist i Tabell 12.

Tabell 12. Vekt på fiskene anvendt i forsøkene

Type fisk	Vekt (g)
Klippfisk nr 1	1600
Klippfisk nr 2	2400
Klippfisk nr 3.1	448
Klippfisk nr 3.2	895
Klippfisk nr 3.3 (halebit)	331
Klippfisk nr 4	2240
Klippfisk nr 5	1463
Ryggsei nr 1	280
Ryggsei nr 2	298
Ryggsei nr 3	257
Ryggsei nr 4	329

7.1 Resultater fra tester med nålegriper

Den antatt beste posisjonering av nålekryssene i forhold til muskelfibrene i fiskekjøttet var å stikke nålene diagonalt inn i forhold til fiberretningen. I Tabell 13 oppsummeres resultatene fra disse forsøkene hvor hastigheten på forflytningene ble endret mellom 50 mm/ 2500 mm/s. I alle testene satt fisken godt til griperverktøyet, men nålene rev av muskelfibrer på enkelte fisker. Figur 9, bildet til venstre viser hull i fiskekjøttet etter nålestikkene.

Tabell 13. Griper i posisjon hvor nålene stikker diagonalt inn i fiskekjøttet i forhold til muskelfibrenes retning. Håndtering av hel fisk.

Fisk nr	Test nr.	Hastighet	Kommentarer
1	1	50 mm/s	Godt grep i fiskens tyngdepunkt. Satt godt ved forflytning. OK avlevering. Vanskelig å se nålestikkene.
1	2	2500 mm/s	Fisken satt godt festet til griperen men et av nåleparene laget en rift på ca. 10 mm i fiskemuskel
1	3	2500 mm/s	Gripeposisjon foran på fisken. Ble for stor høyde mellom fisk og griper, griperen kom dermed ikke i inngrep med fisken.
1	4	2500 mm/s	Fisken satt fast, men det ble rift i den tykkeste delen.
1	5	2500 mm/s	Festet ble flyttet mot halen i forhold til tyngdepunktet, ca. midt på fisken. Oppnådde godt grep i den tykkeste delen av fisken, men det blir rift etter nålekryssene/nålene.
2	1	2500 mm/s	Godt grep i fiskens tyngdepunkt. Lufttrykk på 6 bar (maks) koblet til griperen. Meget ujevn tilbaketrekking av nålene. Vanskelig å se hull etter nålestikkene.
2	2	2500 mm/s	Gripepunkt nærmere nakken hvor det var mer bein. Godt grep selv i den posisjonen. Ingen skader eller synlige merker etter nålegriperen.
2	3	2500 mm/s	Som 2.2. Ikke alle nålene gikk inn i fiskekjøttet i gripeøyeblikket, men stakk inn i kjøttet da roboten løftet fisken. Ble noen rifter i tykkfiskdelen.
2	4	2500 mm/s	Gripepunkt nærmere halen. For liten kraft i nålene til å stikke gjennom bein og annet fast materiale. Fisken ble løftet. Ujevn tilbaketrekking av nålene.



Figur 11. Håndtering av Klippfisk med nålegriper

Ved å stikke nålene inn i fiskene parallelt med muskelfibrene fikk vi dårligere feste og større rift, se Tabell 14 og Figur 12, bildet til høyre.

**Tabell 14. Rotasjon av griper 90° (Nålene stikker parallelt inn med muskelfibrene).
Håndtering av hel fisk.**

Fisk nr	Test nr.	Akselerasjon / hastighet	Kommentarer
2	5	4000 mm/s	Grep i fiskens tyngdepunkt. Dårlig feste, store rift i fiskekjøttet. Ikke egnet til håndtering i denne posisjonen.
2	6	4000 mm/s	Som fisk nr 2, test nr 5.
1	6	4000 mm/s	Grep i fiskens tyngdepunkt. Rifter i kjøttet, ujevn tilbaketrekking av nålene.

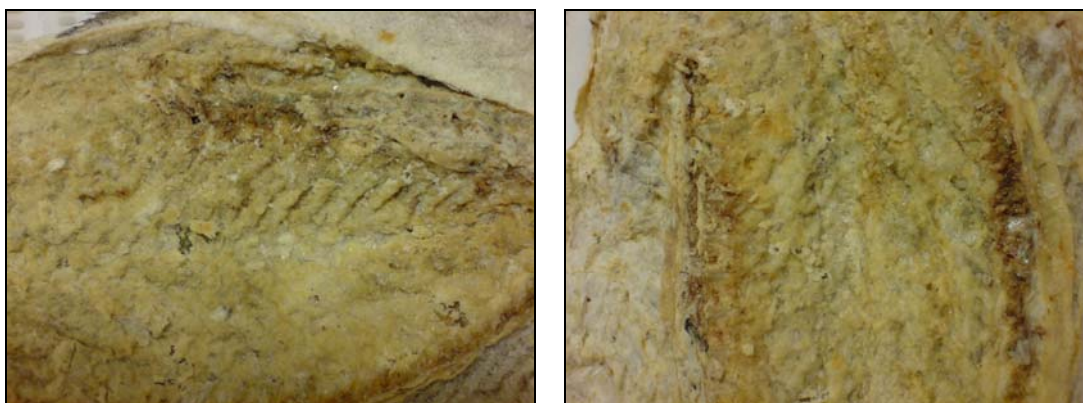


Figur 12. Klippfisk etter håndtering med nålegriper. I bildet til venstre sees merke etter et nålestikk, men klippfisken i bildet til høyre fikk revet opp fiskekjøttet under håndteringen.

Ryggseien satt godt festet til nålegriperen. På grunn av sprøere tekstur ble det dannet større rift i muskelfibrene og overflatene fikk et ”musespist” utseende.

Tabell 15. Ryggsei håndtert med nålegriper

Test nr.	Hastighet	Kommentarer
1	4000 mm/s	Fiskene satt fint til griperen. OK avlevering, men overflatene så musespist ut etter håndteringen. Fiskene ble testet med grep i både X- og Y-retning uten at det ble registrert noen forskjell.
2	4000 mm/s	Nålene går noe ujevn. Men fisken sitter godt. ”Musespist” overflate.



Figur 13. Ryggsei etter håndtering av nålegriper. Bildet til venstre viser ryggsei med rifter i fiskekjøttet etter håndteringen. Bildet til høyre viser nålestikk etter flere håndteringer.

7.2 Resultater fra tester med parallellgriper

Ved testing av klippfisk håndtert med parallellgriperen ble en klippfisk delt i tre, mens den andre klippfisken ble håndtert både i horisontal og vertikal stilling. De minste bitene var best egnet for håndtering med denne griperen, gitt godt inngrep med fiskebitene. Ved bruk av ett gripeelement, ble den hele klippfisken for stor, slik at den enten datt av under håndteringssekvensen eller det ble dannet spalte langs fiskens lengderetning. Avleveringen var stort sett dårlig. Håndtering av klippfisk i vertikal posisjon viste at griperen klarte å håndtere en klippfisk i denne posisjonen, uten at den kan vurderes som egnet. Resultatene er gjengitt i Tabell 16, Tabell 17,

Tabell 18 og Figur 14.

Tabell 16. Klippfisk håndtert med parallellgriper. Test av deler av fisken.

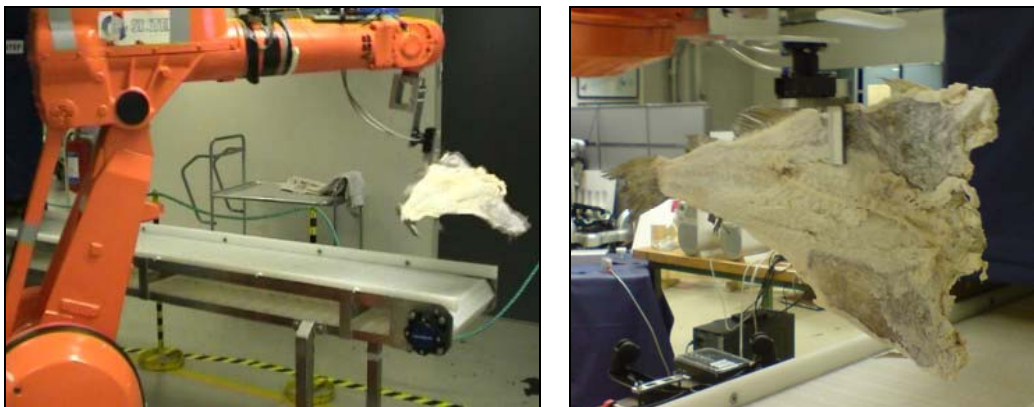
Fisk nr	Test nr	Luftrykk / hastighet	Kommentarer
3	1	7 bar / 2000 mm/s	Griperen fikk ikke tak i fisken pga at den traff en finne.
3	2	7 bar / 2000 mm/s	Godkjent håndtering, feste litt nærmere halen.
3	3	7 bar / 1000 mm/s	Godkjent håndtering, feste litt nærmere halen.

Tabell 17. Klippfisk håndtert med parallellgriper. Test av hel fisk.

Fisk nr	Test nr	Luftrykk / hastighet	Kommentarer
4	1	2 bar / 2000 mm/s	Test av hele fisken. Fikk grep midt på, men den datt av under håndteringssyklusen.
4	2	4 bar / 2000 mm/s	Godt grep midt på fisken. Datt av senere i håndteringssyklusen enn fisk nr 4, test nr 1.
4	3	4 bar / 800 mm/s	Fisken satt på under hele håndteringssyklusen, men dårlig avlevering hvor fisken snudde seg med motsatt side opp.
4	4	4 bar / 800 mm/s	Som fisk nr. 4, test nr 3 men pga vekt og kun et gripeelement ble det en stor spalte i fiskens lengderetning. Denne spalten ble enda større pga dårlig avlevering.
4	5	4 bar / 800 mm/s	Som fisk nr 4, test nr 4.

Tabell 18. Klippfisk holdt i vertikal stilling med parallellgriper.

Fisk nr	Test nr	Hastighet	Kommentarer
4	6	800 mm/s	Godt feste, ingen merker.
4	7	800 mm/s	Dårlig feste, ingen grep.

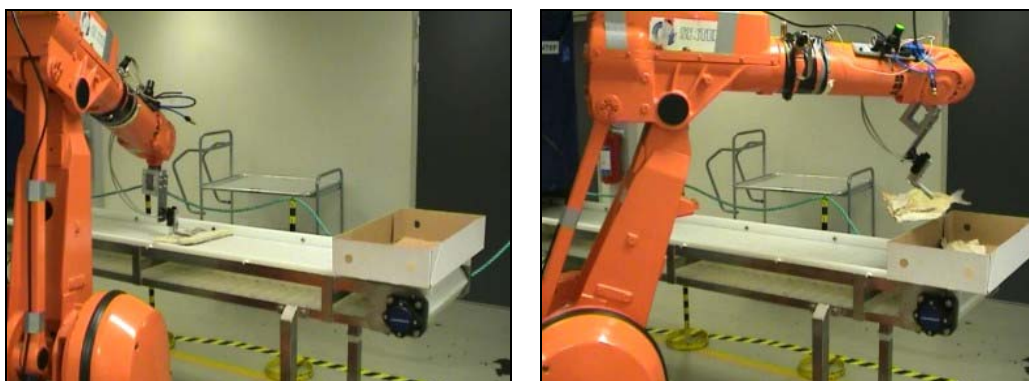


Figur 14. Klippfisk håndtert med parallellgriper. Bildet til venstre viser grep i horisontal retning klar for avlevering. I bildet til høyre blir klippfisken holdt i vertikal stilling.

Parallellgriperen var godt egnet for håndtering av ryggsei så lenge fiskenes tykkelse ikke overskred 20 mm. Det ble oppnådd godt grep med kun 2 bar luftrykk som driftstrykk.

Tabell 19. Ryggsei håndtert med parallellgriper

Fisk nr	Hastighet	Kommentarer
3 + 4	2000 mm/s	Godt grep med 2 bar luftrykk. Avstanden mellom fingrene er noe smalt, kun 20 mm. Dette begrenser hvor stor tykkelsen på fiskene kan være for at verktøyet skal kunne få grep. Sitter godt i håndteringsprosedyren. Avleveringen er litt upresis. Fikk godt grep både i nakke- og buksiden. Ingen synlige merker på fiskene.



Figur 15. Håndtering av ryggsei med parallellgriper. Bildet til venstre viser griper i hente- posisjon, mens bildet til høyre viser griper i avleveringsposisjon.

7.3 Resultater fra tester med vakuulgriper

Vakuulgriperen gav stort sett ingen grep, verken på muskelside eller ryggside. Kun håndtering med sugekopp 40 mm diameter gav noe feste i haleregionen og litt mot midten av fisken (for posisjon, se Figur 16) både på muskel- og skinnsiden. Det ble sugd salt fra fisken som kom ut av ejektoren. Det var vanskelig å finne et riktig gripepunkt, vi måtte prøve oss frem på filetblaten før vi fant riktig sted for å gripe.

Tabell 20. Klippfisk håndtert med vakuumgriper

Fisk nr	Diameter (mm)	Lufttrykk inn til ejetor (bar)	Kommentarer
5	20	3-7	Fikk grep et par steder i haleregionen hvor overflaten var glatt, ingen grep i fremre del av fisken. Disse sugekoppene hadde for liten diameter i forhold til nødvendig lufttrykk for å løfte fisken. Håndtering på skinnsiden gav ingen feste.
5	40	7	Fikk godt grep i haleregionen hvor overflate var glatt. Kunne løfte hele fisken ved bruk av en sugekopp. Noen grep i fremre del av fisken. Håndtering på skinnsiden ga feste i et par tilfeller.
5	50	7	Fikk grep i haleregionen, men festet var dårligere enn ved bruk av sugekopp med 20 mm diameter. Ingen grep i fremre del av fisken. Håndtering på skinnsiden gav ingen feste.
6	20	3-7	Ingen grep pga for ujevn overflate over hele fisken. Håndtering på skinnsiden gav ingen feste.
6	40	7	Ingen grep pga for ujevn overflate over hele fisken. Håndtering på skinnsiden gav ingen feste.
6	50	7	Ingen grep pga for ujevn overflate over hele fisken. Håndtering på skinnsiden gav ingen feste.



Figur 16. Håndtering av klippfisk ved bruk av vakuumgriper. Fisken til venstre gripes fra kjøttssiden, mens fisken til høyre gripes fra ryggssiden. På begge bildene benyttes vakuumkopper med 40 mm diameter.

8 Diskusjon av laboratorietestene

8.1 Nålegriper

For å få godt grep med nålegriperen er det viktig å komprimere objektene slik at flest mulig muskelfibrer blir omsluttet av nålene. Både klippfiskene og ryggseiene tålte kompresjonen meget godt og en kraft på 10 kg ble benyttet uten at dette gav negative påvirkninger på objektene.

Posisjonering av grepet i forhold til objektens form er viktig for å redusere påvirkningene av nålene på objektene som kan oppstå ved skjev vektfordeling fra objektet. Dersom grepet posisjoneres i haleregionen er det lett at fisken brykkes og det dannes store rift i fiskekjøttet. Tre posisjoner ble valgt for klippfisken, foran nær nakken, i tyngdepunkt og midt på fisken i forhold

til fiskens lengderetning. Ryggseiene var så små at alle grep ble posisjonert midt på fiskene. Ulike gripeposisjoner ble testet.

Alle objektene håndtert med nålegriper med rette nåler ble grepet, forflyttet og avlevert uten at noen av objektene falt av under håndteringsprosedyren. Nålene medførte imidlertid at overflatebeskaffenheten ble noe redusert i form av rifter, både for klippfiskene og ryggseien.

Det ser ut som om det finnes en begrensning i forhold til hvor stor hastighet som kan benyttes for å løfte og forflytte fiskene. De største riftene oppsto da nålene ble stukket inn i kjøttet parallelt med muskelfibrenes retning, selv med redusert hastighet. I tillegg gav den høyeste hastigheten større rift i fiskekjøttet.

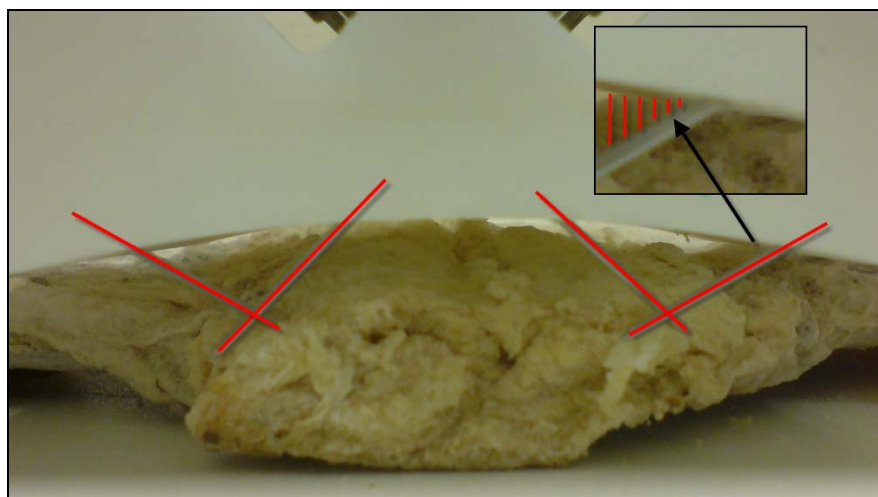
Gripeposisjonen på klippfisken ser ut til å ha mindre betydning, gitt de posisjoner som ble benyttet (foran, tyngdepunkt og midt på fisken). I disse første forsøkene ser det ut som om alle disse posisjoner kan benyttes som gripepunkt. Ved håndtering av ryggseien ble det kun benyttet en fast gripeposisjon sentrert midt på fisken.

Nålene går i enkelte tilfeller noe tregt, både inn i fiskekjøttet og tilbake ved avlevering. Ettersom det ble benyttet maks luftrykk, må det settes inn nye og større sylindere for å kunne øke kraften på nålene.

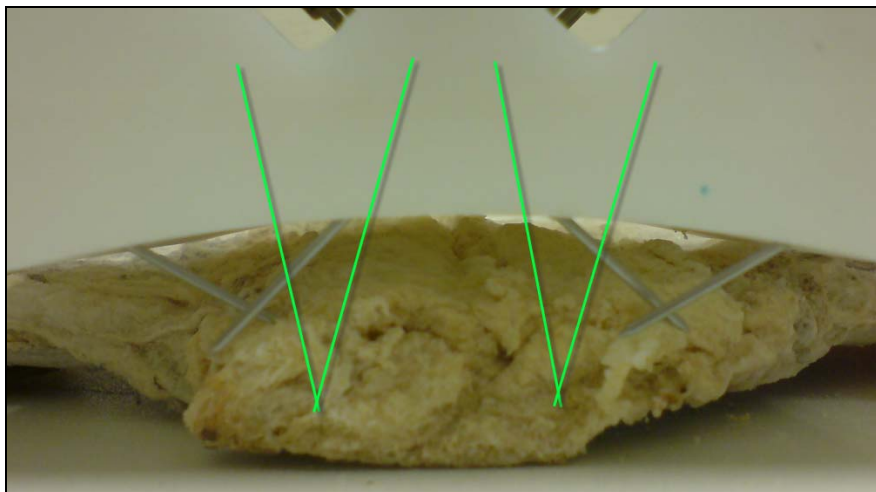
En viktig fordel med bruk av nålegriper i forhold til pakkeprosessen er bruk av prinsippet med overflatefestet. Objektene kan dermed legges direkte i riktig posisjon uavhengig av andre objekter eller hindringer som eksempelvis eskekanter.

Mulige forbedringer:

- For å redusere akselerasjonsbelastningen som medfører rift i fiskekjøttet, kan det være mulig å benytte akselerasjonsrampe, dvs. skånsom hastighetsøkning i starten og slutten av forflytningen.
- Endring av vinkel på nålene slik at avstanden fra nålekrysset til griperflaten øker. Når avstanden øker vil flere muskelfibrer dypere i fisken omslutes av nålene og redusere faren for rift, se Figur 17 og Figur 18.
- Nye og kraftigere sylindere på nålegriperen slik at nålene går lettere inn og ut av fisken.
- Tilpasse antall nåler til griperens kontaktareal.



Figur 17. Nålene trenger ikke langt nok ned i fiskekjøttet. Den slakke vinkelen gjør at man får ett tynt sjikt med fiskekjøtt over nålen.



Figur 18. Mulig forbedring. Nålene trenger lengre ned i fisken og man får ikke det tynne sjiktet over nålene som øker mulighetene for rift.

8.2 Parallellgriper

Parallellgriperen er godt egnet for håndtering av ryggsei. Ved bruk at et griperelement ble klippfisken noe stor og det oppsto store rifter da fisken bøyde seg ned. Ved bruk av to griperelement ville klippfisken blitt håndtert uten noen negative effekter på fisken. En utfordring i disse testene var avstanden mellom fingrene. Med kun 20 mm avstand satte åpningen begrensning for håndtering av objekter med tykkelse over 20 mm. Det ble ingen merker på objektene fra griperverktøyet selv med bruk av 4 bar lufttrykk. Dårlig feste skyltes blant annet for liten friksjon mellom fingrene og fisken. Denne kan eventuelt økes ved å lage riller i fingerflaten og evt. lage fingrene bredere.

Mulige forbedringer:

- Større avstand mellom fingrene
- Ny overflate som gir økt friksjon på fingrene
- Bruk av to griperverktøy for håndtering av klippfisk

Vertikale grep med dette griperverktøyet krever større friksjon på fingrene for at ikke objektene skal skli ut av grepet.

8.3 Vakuulgriper

Vakuulgriperen var dårligere egnet enn forventet. Kun sugekoppene med 40 mm diameter fikk noe feste. De to klippfiskene som ble testet hadde svært ulik overflatebeskaffenhet, men må ansees å være representative for variasjonene som et griperverktøy må kunne håndtere. I tillegg til generelt dårlig grep, ble det også sugd salt bort fra overflata, som ikke er ønskelig.

9 Vision-systemer

Bruk av visionsystemer er aktuelt på flere områder innenfor prosjektet. Sintef IKT i Oslo har i 2007 kjørt ett prosjekt for ”Hurtig og objektiv klassifisering av salt- og klippfisk basert på automatisk bildeanalyse” med Matforsk AS/Matalliansen. Det ble etablert kontakt for å høre mer om dette arbeidet. Sintef IKT Optiske målesystemer i Trondheim ble brukt for å få innspill på

bruk av vision til detektering. De er med og utvikler visionsystemet til Tordivel med tanke på ”bin-picking”. Det ble ikke kjørt noen labforsøk med vision.

Sintef IKT utviklet i sitt prosjekt en prototyp som påviste blodflekker, gulning, leverflekker, formdefekter samt rundspore på klippfisk av både torsk og sei. Med dette systemet er det vanskelig å påvise spalting samt gjensittende ryggbein. Det gjenstår en del arbeid for å ha en fullgod automatisert kvalitetsvurdering.

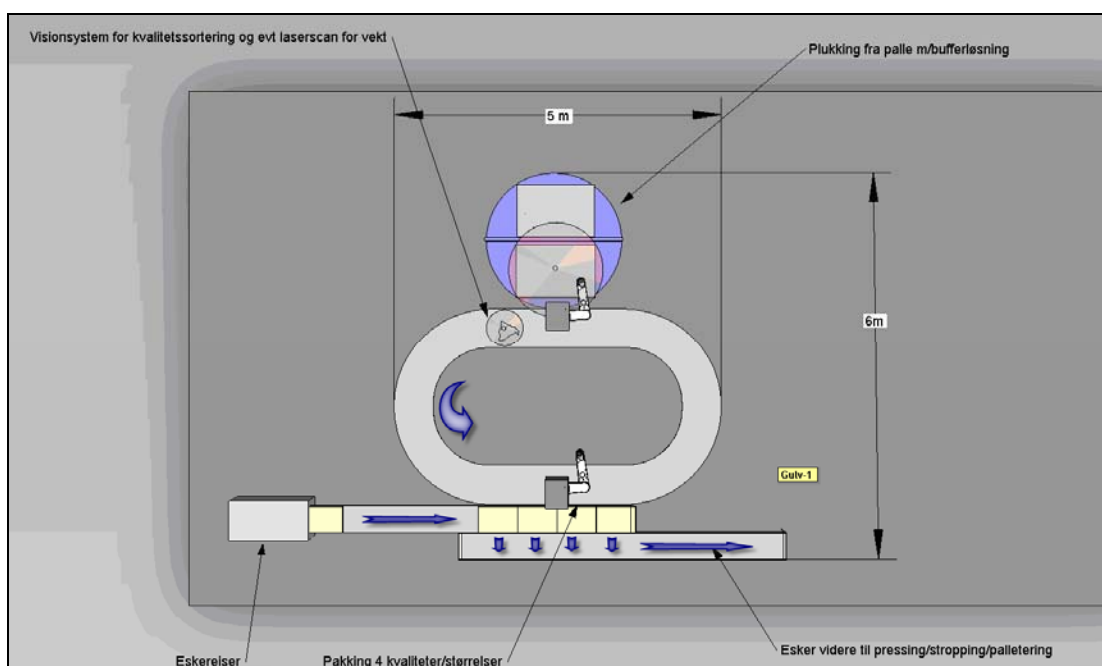
Å detektere posisjon til en klippfisk på et samleband, for plukking, bør ikke by på store problemer. Plukking i haug (som f. eks fra pall) kan by på problemer da fargenyansene mellom klippfisken varierer lite. En mulighet er å bruke 3D-syn for å detektere kanter.

10 Forslag til produksjonsceller

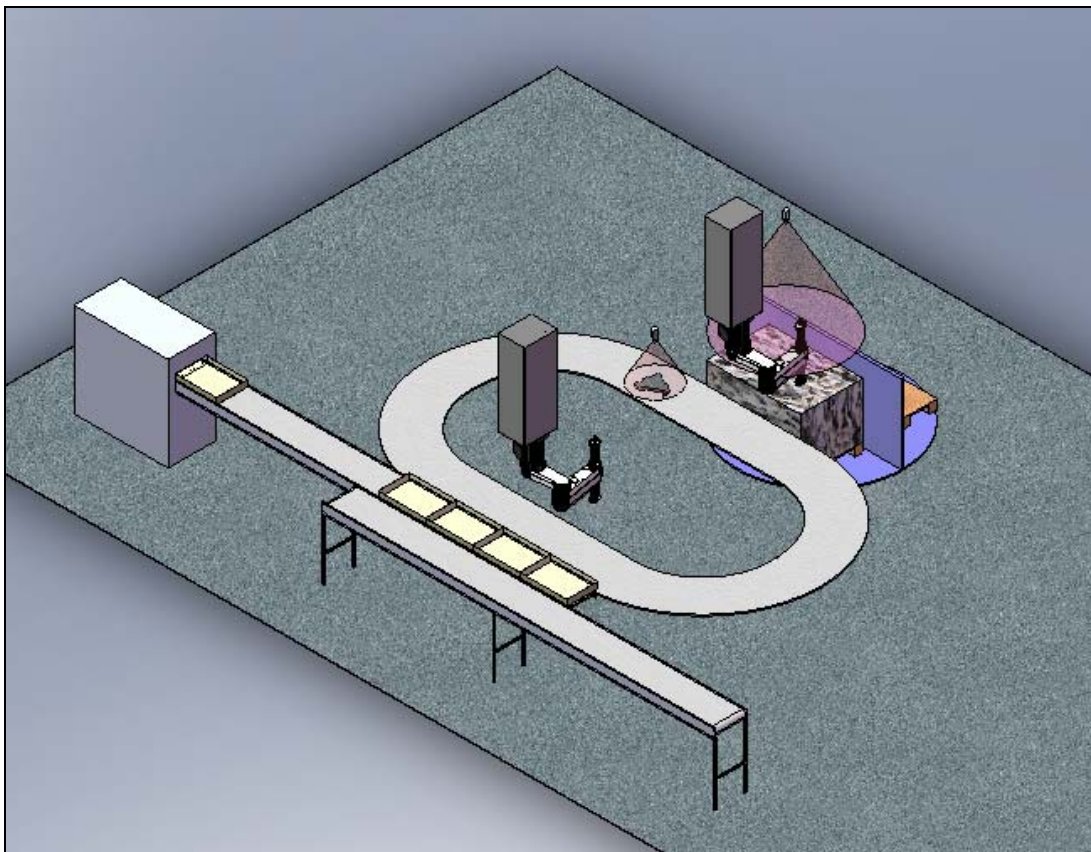
Det ble laget 3D-layout for mulige løsninger til alle tre casene. I alle casene er det valgt robotisering som løsning. Det ble også vurdert andre alternativer som å bruke føringer o.l. for å skyve klippfisken ned i esken. En slik løsning vil bli lite fleksibel og prisen på en robot har blitt såpass lav at den ofte lønner seg i forhold til spesialbygde maskiner. I tillegg har man utfordringer i forhold til å ha kontroll på leggemønsteret i kassen ved en slik løsning

10.1 Case 1. Pakkecelle for klippfisk ferdig vektsortert

Figur 19 og Figur 20 viser et oppsett for automatisk pakking og sortering av klippfisk sett i to ulike perspektiv.



Figur 19. Forlag til layout for case 1, klippfisk. I fugleperspektiv



Figur 20. Forslag til layout for case 1, Klippfisk

Løsningen er en to-robotsløsning der man har en robot for plukking fra pall (RB1) og en robot til pakking (RB2). Mellom disse er det ett sirkulært bånd som fungerer som en buffer og gir RB2 mulighet til å planlegge pakkingen ut fra vekten til fisken på båndet. RB1 og bånd er innført for å overkomme problemer med god sortering (klippfisken blir lagt på samlebånd som gir bedre bakgrunn) og å få vekten i eskene til å gå opp. Produksjonsflyten i cellen er som følger:

1. 2D-visionssystem brukes til å detektere klippfisk på pall og en egnet posisjon for griping. Det ansees som vanskelig å gjøre en kvalitetsvurdering av klippfisken direkte fra pall. Klippfiskpallen står på roterende skive som indekserer ny pall når en er tømt. På denne måten har man god tid til å ta ut den tomme pallen og sette inn en ny. Man slipper også å bevege seg i robotens arbeidsområde ved bytte og man får en redusert nedetid for robot ved bytte av pall.
2. RB1, med egnet griper, brukes til å legge enkeltfisk på et sirkulært transportbånd som er inndelt i båser. Båndet i layout-tegningen har en lengde på ca 11 meter og kan romme 19 båser med 60 cm lengde.
3. Visionsystem montert over transportbånd gjør kvalitetssortering av klippfisken, evt. i samarbeid med en laserscanner, for å detektere spalting og tykkelse på fisk.
4. Vekt på fisk måles enten ved volumberegning med laserscanner, vekt i transportbånd eller veiecelle i RB1 (veiecelle på robot fordrer at roboten står stille en stund for å stabiliseres)
5. Båsene i båndet indekseres med en gitt taktid og i det de ankommer pakkerobot (RB2) har man data på kvalitet, vekt og orientering på klippfisken.
6. Klippfisk blir pakket i esker av RB2. Ytterkantene på fisken er da kjent og man kan legge fisk i ett gitt mønster slik at fisken ligger stabilt i esken.
7. Eskene blir matet på et samlebånd av en eskereiser. På Figur 20 ser man at RB2 har 4 esker innenfor sitt arbeidsområde og det blir dedikert 2 esker til hver kvalitet. Når en eske er full (totalvekt i eske summeres ut fra vekt på enkeltfisk) blir esken skjøvet over på et

annet bånd og videre til stropping/palletering. Eskene blir indeksert frem for å fylle den tomme plassen og en ny eske blir dedikert til kvaliteten som gikk ut. Det må innføres ett kontrollsystem for å velge hvilken eske en fisk av gitt kvalitet skal legges i for at vekten skal bli nærmest mulig 25,2 kg.

8. Hvis systemet ikke finner en eske til en klippfisk på båndet (vekten i begge eskene er slik at totalvekten blir ukurant ved å legge i denne klippfisken) blir klippfisken med på en ny runde.
9. Migas og vrakfisk blir tatt av båndet med en klaff (som på en grader). Klippfisk som ikke passer inn i vektclassen kan også taes ut.

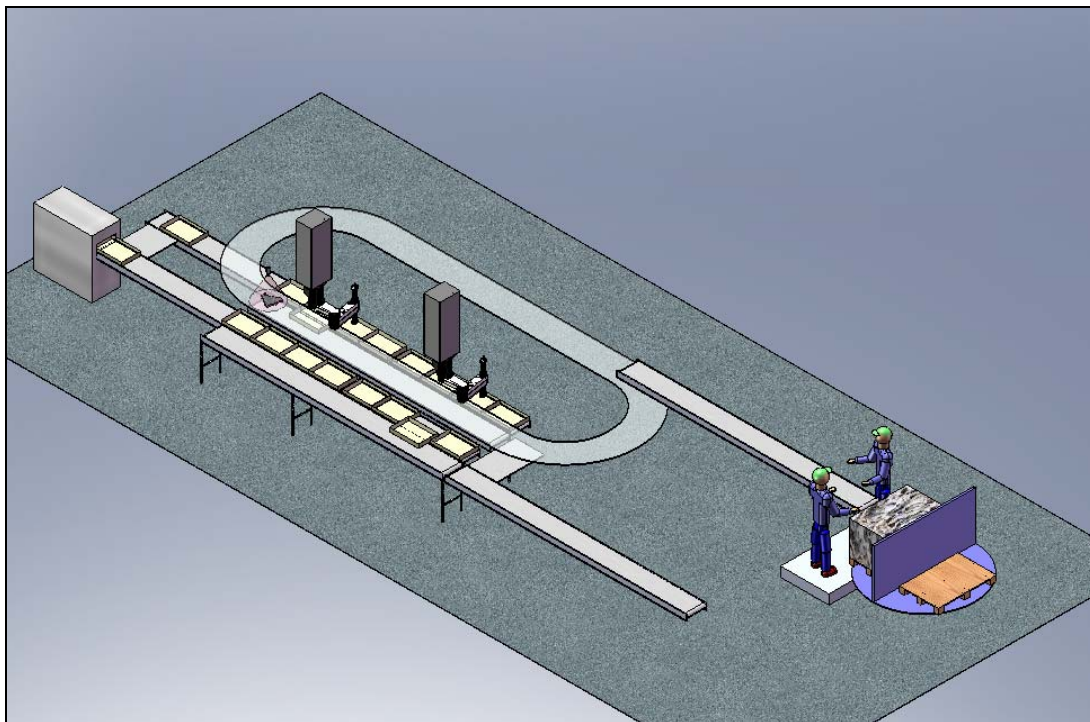
Utfordringer

Under er det listet opp hovedutfordringene ved en slik løsning.

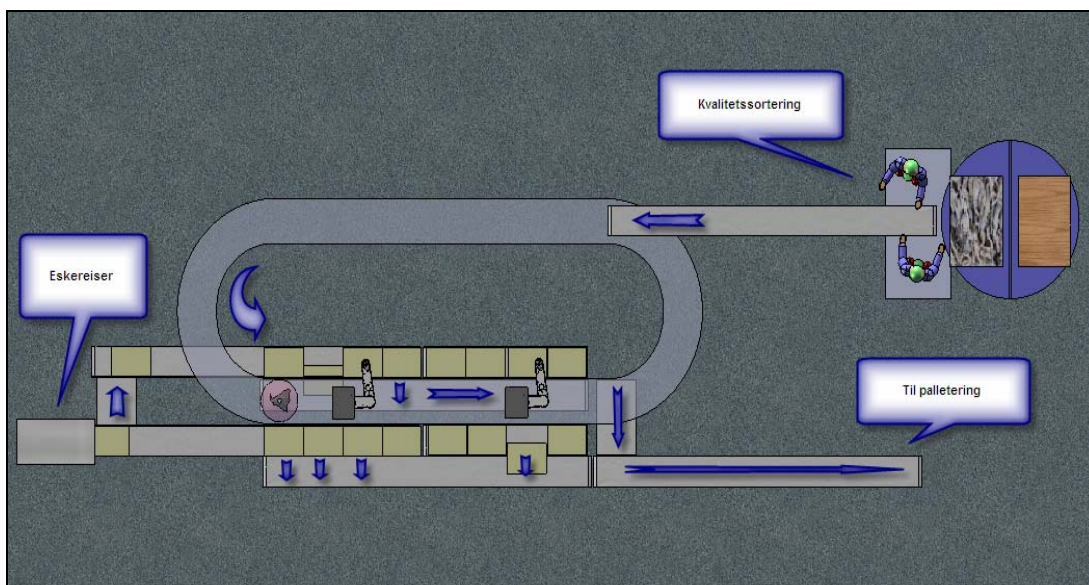
1. Griper: Det finnes per i dag ikke en griper til dette produktet. Dette krever mer arbeid og verifisering i lab. Griperen må kunne gripe alle vektclasser, evt. ved verktøybytte.
2. Vision: Det er usikkert hvor godt ett visionsystem vil kunne detektere enkeltfisk på pall slik at en får ett robust system og RB1 vil kunne opprettholde en god nok taktid.
3. Sortering: automatisk kvalitetssortering er ikke fullt utviklet for klippfisk
4. Orientering i eske/leggemønster: Man må se på hvor stabilt klippfisken vil ligge i esken. Før pressing er toppen av haugen over eskekanten og man kan oppleve at dette ikke blir stabilt nok.
5. Produksjonsflyt: Produksjonen i en slik celle bør simuleres for å verifisere oppsettet, finne "flaskehals" og se på hvor effektivt robotene vil kunne jobbe. Man trenger da en fordelingsnøkkel for klippfisken i de enkelte vektclassene.

10.2 Case 2. Pakking av klippfisk som ikke er forhåndssortert på vekt

Pakkecelle for case 1 kan i prinsippet også brukes på klippfisken som ikke er vektsortert på forhånd. En må kunne pakke flere forskjellige vektclasser samtidig.. Man må da dekke et stort areal med roboten og trenger derfor stor rekkevidde eller en ekstra frihetsgrad (travers). En annen mulighet er å sette inn flere roboter til pakking. Under er det vist forslag til en utvidet løsning der to roboter har tilgang til 16 esker og da kan pakke opp mot 16 forskjellige størrelser/kvaliteter. Det mest hensiktsmessige her er å la robotene pakke de tre største vektclassene av høyvolumsklasser i to esker (samme størrelse/kvalitet for begge roboter) og en eske på de to resterende høyvolumsklassene. Fordelingen må enkelt kunne forandres. Størrelser som faller utenfor må taes ut med avskyver før robotene slik at disse pakkes manuelt.



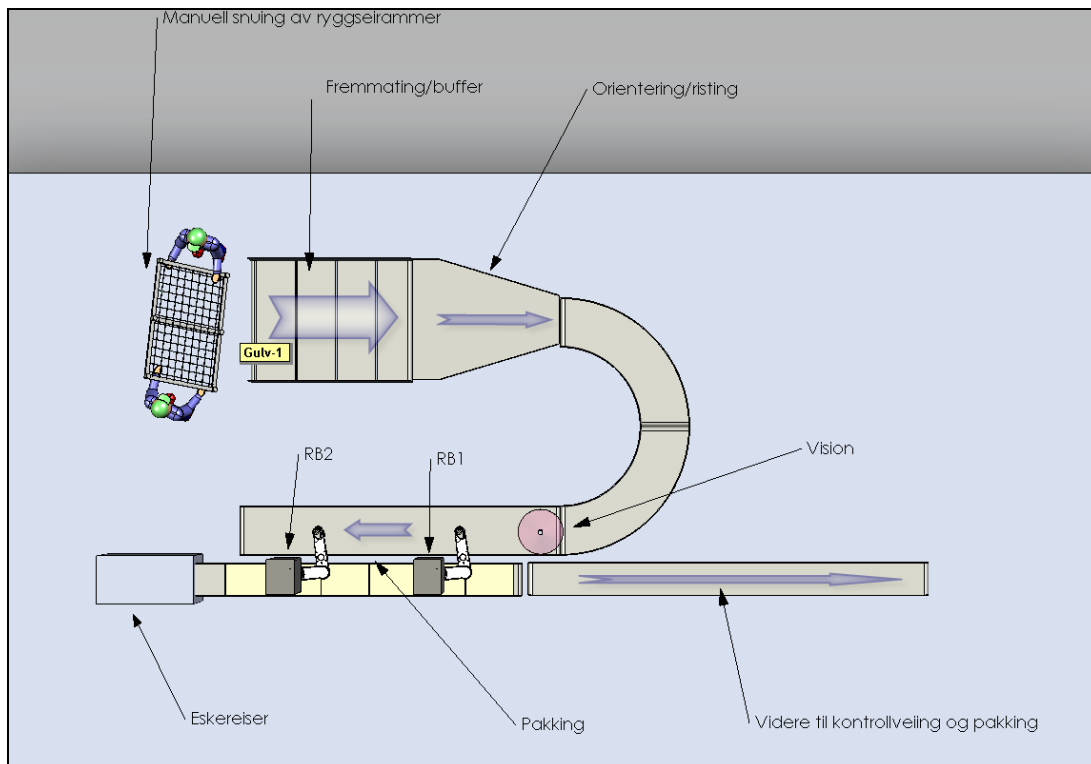
Figur 21. Forslag til layout for case 2, Klippfisk



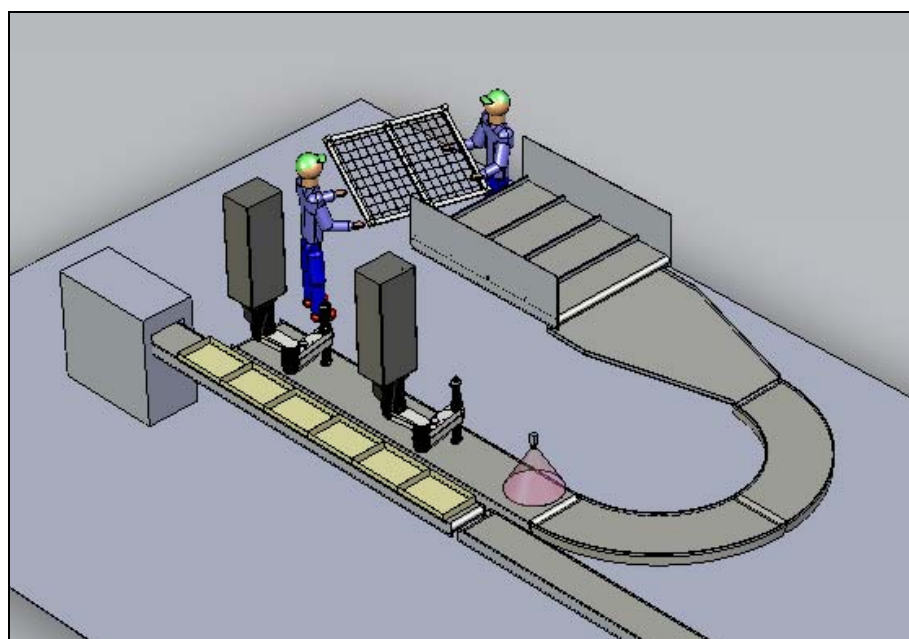
Figur 22. Forslag til layout for case 2, Klippfisk. I fugleperspektiv

10.3 Case 3. Ryggsei

I Figur 23 og Figur 24 er det vist ett forslag til pakkecelle for ryggsei. Løsningen baserer seg på at ryggseien blir semi-orientert av en mater på ett samlebånd for best mulig detektering av vision-system. Det er fokusert på operasjonen med å få lagt ryggsei i esker da dette ansees som en kritisk operasjon for automatisering av prosessen. Oppstrøms og nedstrøms prosesser som tipping av rammer og pressing/stropping/palletering er operasjoner som kan løses med standard automatiseringsløsninger.



Figur 23. Forslag til layout for case 3, ryggsei. I fugleperspektiv



Figur 24. Forslag til layout for case 3, ryggsei

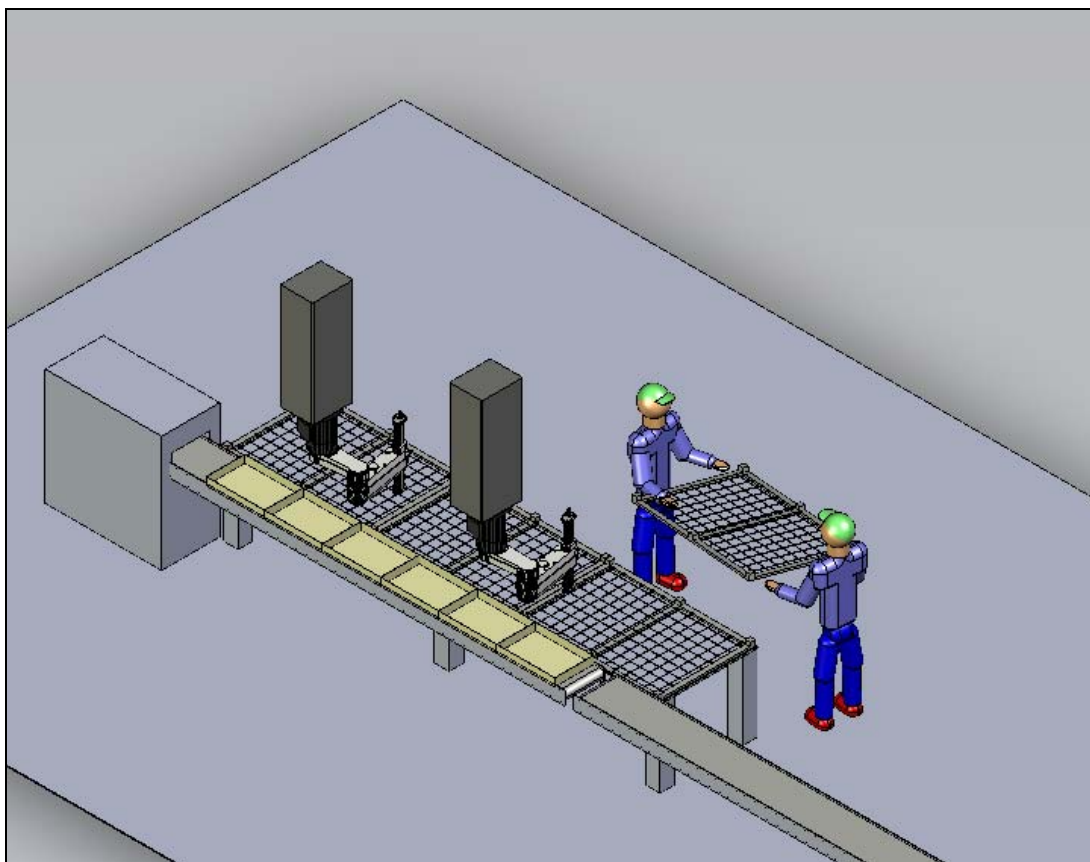
1. Brettene blir vendt manuelt på ett fremmatingsbord på samme måte som tidligere. Bufferen i fremmateren må være stor nok til at personellet har tid til å hente nye vogner med brett og ta unna de tomme.
2. Fremmatingsbåndet sørger for en tilstrekkelig flyt av ryggsei frem til et orienteringsbord. Innretningen må sørge for å få en jevn tilførsel frem til samlebåndet. En mulighet er å ha ett vibrerende bord med orienteringsinnretninger (avskraper, innsnevring og lignende)
3. Samlebåndet bør ha en høyere hastighet en det ryggseien har på når den blir ristet frem slik at ryggseien blir separert og kommer en og en inn på båndet

4. Visionsystem montert over bånd detekterer posisjon og orientering på ryggsei
5. RB1 og RB2 plukker ryggsei i kasse. Kun antall ikke på vekt. Kontrollveing og topping av eskene gjøres manuelt.
6. Systemet søker å fylle opp esken lengst unna eskereiser. Fylt eske går videre til nedstrøms prosesser.
7. Hvis ingen av robotene rekker å gripe en fisk går den ut på enden av båndet og må legges i mater på nytt. En må søke å optimalisere forhold mellom fart på mating og robot.

Utfordringer

1. Griping: I likhet med klippfisken ligger den største utfordringen i å finne en egnet gripemetode og verktøy.
2. Orientering: Materen i skissen er kun et eksempel. Det er ikke sett nærmere på en mulig løsning for mating. En mater må levere enkeltfisk til transportbåndet med en fast rate for at robotene skal kunne jobbe effektivt. En ristmater som vist i skisse fordrer at ryggseien kan ligge både med skinnside og kjøttside opp i esken.
3. Orientering i eske/leggemønster: Samme som pkt. 3 Klippfisk
4. Produksjonsflyt: En må se på teoretisk mulig taktid for robot og hvor godt en får en mater til å virke.

En annen variant av denne løsningen er å la robotene plukke rett i fra brett (Figur 25). Dette byr på større utfordringer når det gjelder visionsystemet og detektering av enkeltfisk. Både vending av brett i materen og legging av brett på bord for direkte plukking bør være mulig å automatisere.



Figur 25. Alternativt layout case 3, ryggsei

10.4 Kapasiteter

Kapasiteten på alle de tre løsningene som er nevnt over vil hovedsakelig være styrt av hvor lang tid en griper vil trenge for å få tak i objektet den skal pakke og hvor godt feste den får (feste vil ha innvirkning på akselerasjon/hastighet). Dette får innvirkning på takttiden til robotene. En annen faktor som bestemmer hvor mange roboter en kan sette på et sirkelbånd er maks hastighet en kan få på transportbåndet.

Per i dag har en ikke en griper som fungerer tilfredsstillende til formålet og kan derfor ikke si noe eksakt om takttiden for en robot. Under er det gjort noen betraktninger rundt kapasiteten hvor det er tatt utgangspunkt i en effektiv takttid (tid for henting, avlevere og retur til startpunkt) på ca 3 sek per robot.

Tabell 21. Anslag på kapasiteter

Case	Kapasitet/St
1	10000 stk
2	20000 stk
3 (m/5 roboter)	47500 stk

11 Økonomisk evaluering

Det er utviklet en modell for lønnsomhetsanalyser som er anvendt for økonomisk evaluering av løsningene for de tre foreslåtte casene. Kostnadene knyttet til de enkelte elementene i investeringene er kun veiledende og vil kunne endres i en endelig lønnsomhetsanalyse. To elementer som er noe usikre er hvilken griperløsning som velges og endelig layout. I tillegg vil dette igjen styre behovet for antall operatører i pakkeoperasjonen.

11.1 Behov for operatører før og etter investeringen

Pakking av ryggsei er den mest arbeidskrevende pakkeoperasjonen av de tre casene beskrevet i denne rapporten. Det er dermed den løsningen som oppnår størst reduksjon i antall operatører ved automatisering. I case 1 er det skissert en helautomatisert pakkelse, mens de nye løsningene i case 2 og 3 er basert på manuell mating med behov for to operatører i hvert case. For alle løsningene gjelder at behovet for teknisk personell/vedlikeholdsoperatører øker når graden av automasjon øker. Det er antatt samme økning i vedlikeholdsressursene uavhengig størrelsen på den nye pakkecellen. Behovet for manuell arbeidskraft i dagens og ny pakkelse er oppsummert i Tabell 22.

Tabell 22. Behov for operatører og tekniske /vedlikeholdsoperatører i dagens løsninger og i de nye pakkecellene

	Dagens løsning	Ny pakkelse
Skift/dag	1,0	1,0
Antall operatører pr skift		
- case 1 Klippfisk fra pall	4	0
- case 2 Klippfisk	4	2
- case 3 Ryggsei	7	2
Antall teknisk operatører pr skift	0	0,5

Kostnadene knyttet til bemanninger vist i Tabell 5. Tekniske operatører krever høyere kompetanse og dertil høyere lønn.

11.2 Investering i maskiner og utstyr

På bakgrunn av skissene i Figur 20, Figur 21 og Figur 24 er det foretatt en vurdering av investeringsbehovet knyttet til utstyr og arbeid. For å holde samme produksjon som i den manuelle linjen er det tatt høyde for å bruke 4 stk roboter i case 1. I det følgende gjengis investeringene knyttet til case 1, mens nøkkeltall for investeringene gis i Tabell 23. De totale investeringskostnadene for case 1 er vurdert til kr 4 640 000. Av dette er kr 3 037 000 knyttet til innkjøp av utstyr som roboter, visionsystem, transportbånd m.v. I tillegg til investering i utstyr vil det også være behov for prosjektering av oppgaven, noe programmering samt igangkjøring av pakkecellen, kostnader beregnet til kr 1 603 000. Investeringsbehovet for case 1 er vist nedenfor. Investeringsbehovet for case 2 og case 3 er vist i vedlegg. Investeringsbeløpene er skjemamessige estimater.

Innkjøp	Ant	pris/stk	pris	
Visionsystem Scorpionsystem fra Tordivel AS	2	80	160	
Innkapsling av kameraer og stativer	2	25	50	
Avskjerming rundt visionområde for å kontrollere lysforhold	2	15	30	
Scararoboter IP 65 (Cleanroom) Eksempelvis Motoman	4	250	1.000	
Gripere (lisenskostnader inkl. system for servicemedier)	4	250	1.000	
Robotsokler rustfri/syrefast	4	14	56	
Dekslinger rundt roboter med dører/sikkerhet mm	2	18	36	
Transportbånd ut fra eskereiser	1	50	50	
Transportbånd fra pakkecelle	1	35	35	
Transportbånd kretsløp 20m x 400 mm	1	100	100	
Eskereiser	1	200	200	
Sensorer, el-materiell mm	1	100	100	
Styreskap med plass for vision, pls, op-panel, motordrifter etc	1	120	120	
Palleinkrement	1	100	100	
			3.037	3.037

Arbeid	Ant timer	timepris (KNOK)	pris (KNOK)	
Prosjektering/prosj ledelse for pilotanlegg	500	1,00	500	
Programmering vision	200	0,85	170	
Programmering robot	150	0,85	128	
Programmering styring	100	0,85	85	
Bygging, montasje, oppkobling eget verkst	400	0,65	260	
Testing, modifiseringer	400	0,65	260	
Montasje, idriftsettelse	200	1,00	200	
	1.950		1.603	1.603
		Prosjekt total		4.640

11.3 Investering i bygninger og infrastruktur og andre investeringer

Når en ny løsning for pakking skal implementeres i et eksisterende produksjonslokale, er det ikke vurdert behov for bygningsmessige investeringer. Det vil påløpe kostnader i forbindelse med endring av eksempelvis strøm- og vanntilførsel. Disse kostnadene er satt til NOK 200 000 i år 0 for alle tre casene.

Når ny teknologi implementeres i bedriften vil det være behov for noe opplæring av operatører og vedlikeholdsressurser. Kostnadene i tilknytning dette er satt til NOK 200 000 og vil påløpe samtidig med installasjon og igangkjøring i år 0, gjelder også alle tre casene.

Det gjenstår noe arbeid før griperne er ferdig utviklet i industriell løsning. Dette arbeidet er ikke prissatt i tilknytning til de enkelte casene, men bør vurderes i et eget prosjekt.

11.4 Kontantflyt

Tabell 24 viser et utsnitt av kontantflyten for case 1. Salgsvolumet er satt til tilsvarende den mengde produkt som pakkes ved bedriften i dag. Avskrivning på maskiner og utstyr er satt til 5 år, mens avskrivninger på bygg og infrastruktur er satt til 15 år. Diskonteringsfaktoren er satt til 15 %.

De viktigste nøkkeltallene for hvert av casene er summert i Tabell 23. Som tallene viser, blir den akkumulerte kontantstrømmen og internrenten for casene 1, 2 og 3 positive etter hhv. 5, 10 og 4 år. Etter 10 år vil internrenten for de tre casene være hhv. 14 %, 1 % og 21 %.

Tabell 23. Nøkkeltallene i kontantstrømanalysen for hvert av casene

Case	Salgsvolum (tonn)	Totale investerings- kostnader (kr)	Endring operatører (antall pr skift)		Positiv akk. kontantstrøm	Intern- rente år 10
			Drift	Teknisk		
1	6 000	4 640 000	- 4	+ 0,5	År 5	14 %
2	6 000	3 707 000	- 2	+ 0,5	År 10	1 %
3	4 000*	4 814 000	- 5	+ 0,5	År 4	21 %

* Ved pakking 240 dager i året.

Tabell 24. Kontantflyt for case 1

År			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Salgsvolum	(tonn)			6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Endring utbytte	(%)			0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Endring ant. årsverk (operatører)	(årsverk)			-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
Endring ant. årsverk (vedlikehold/teknisk)	(årsverk)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Investering maskiner inkl prosjektering	(KNOK)		0	4.640									
Salg av maskiner	(KNOK)		0										
Inv. bygg og infrastruktur	(KNOK)		0	200									
Opplæring	(KNOK)		0	200									
Varebeholdning			0										
Fordringer			0										
Beløp i 1000 kr													
Parameter	År		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Kapitalutgifter/inntekter			0	(5.040)	0	0	0	0	0	0	0	0	80
1.1 Produksjonsutstyr			0	(4.640)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2 Bygninger og infrastruktur			0	(200)	0	0	0	0	0	0	0	0	80
1.3 Opplæring			0	(200)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4 Endring i varebeholdning			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5 Endring i fordringer			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6 Andre kapitalutgifter/inntekter			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Endring i kontantstrømmer fra drift før skatt (driftsresultat)			0	875	(66)	(66)	(66)	(66)	(66)	862	862	862	862
2.1 Netto salgsinntekt (endret utbytte)	10.000	(KNOK)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2 Råvarekostnad	0,0 %	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3 Produksjonskostnad operatør	350.000	(KNOK)/år		1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
2.4 Produksjonskostnad operatør (teknisk)	450.000	(KNOK)/år	0	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)
2.5 Andre kostnader (vedlikehold)	0,5 %	(KNOK)		(300)	(300)	(300)	(300)	(300)	(300)	(300)	(300)	(300)	(300)
2.6 Husleie		(KNOK)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.7 Avskrivninger maskiner og utstyr	5	år		0	(928)	(928)	(928)	(928)	(928)	0	0	0	0
2.8 Avskrivninger bygg og infrastruktur	15	år		0	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)
3 Kontantstrøm fra drift etter skatt (driftsresultat)			630	(48)	(48)	(48)	(48)	(48)	(48)	620	620	620	620
3.1 Skatt på driftsresultat	28 %	%		245	(19)	(19)	(19)	(19)	(19)	241	241	241	241
4 Netto fortjeneste + avskrivninger				630	894	894	894	894	894	634	634	634	634
5 Netto kontantstrøm			0	(4.410)	894	894	894	894	894	634	634	634	714
6 Netto akkumulert kontantstrøm			0	(4.410)	(3.516)	(2.623)	(1.729)	(836)	58	692	1.325	1.959	2.673
Diskonteringsfaktor	15 %	%	15 %										
Nåverdi (beløp i 1000 kr)				(3.835)	(3.159)	(2.572)	(2.061)	(1.616)	(1.230)	(992)	(785)	(605)	(428)
Internrente				#NUM!	#NUM!	#NUM!	-21 %	-8 %	0 %	4 %	7 %	10 %	12 %

11.5 Oppsummering for investeringsanalysen

Investeringsanalysen gir en indikasjon på lønnsomheten i prosjektet. Tallene kan lett endres dersom andre forutsetninger legges til grunn. Denne analysen viser at for case 1 er en investering på ca. kr 3,0 mill og andre utviklingskostnader inklusive ferdigstillelse av griperutviklingen på ca kr 1,6 mill tilbakebetalt innen 4. driftsår. Case 2 er det minst lønnsomme caset hvor investeringene er tilbakebetalt i løpet av år 9. Case 3 har høyest lønnsomhet, og det caset hvor de tekniske løsningene erstatter flest operatører til tross for at løsningen forutsetter manuell mating. Som beskrevet i denne rapporten vil en slik løsning medføre at investeringene vil være tilbakebetalt i løpet av det tredje driftsåret.

12 Konklusjon

Løsning for automatisert pakking av klippfisk og ryggsei er vurdert i et forprosjekt. Prosjektet har omfattet bedriftsbesøk med kartlegging av de ulike prosessene, litteratursøk for mulige griperløsninger, laboratorietester av eksisterende og nye griperløsninger samt utarbeidelser av skisser for automatisert pakking av klippfisk og ryggsei. Det ble i litteratursøket ikke funnet noen artikler som omhandler klippfisk/saltfisk med hensyn på griping og sortering. Det ble heller ikke funnet artikler om håndtering av objekter som ligner i form og konsistens. SINTEF har utviklet flere gripere basert på ulike prinsipper for håndtering av myke objekter som fisk og kjøtt, nålegriper, frossenflategriper og multipingriper. I dette forprosjektet ble nålegriperen testet sammen med en nyutviklet parallellgriper (SINTEF) og vakuumpopper (FESTO).

Alle objektene håndtert med nålegriper med rette nåler ble grepet, forflyttet og avlevert uten at noen av objektene falt av under håndteringsprosedyren. Nålene medførte imidlertid at overflatebeskaffenheten ble noe redusert i form av rifter, både for klippfiskene og ryggseien. For stor akselerasjon og retning på nålene i forhold til muskelfibrenes retning så ut til å påvirke overflatebeskaffenheten. Gripeposisjonen på klippfisken så ut til å ha mindre betydning.

Parallellgriperen er godt egnet for håndtering av klippfisk (bruk av to gripeelement) og ryggsei (bruk av ett gripeelement). Det ble ingen merker på objektene fra griperverktøyet selv med bruk av 4 bar lufttrykk. Vertikale grep med dette griperverktøyet krever større friksjon på fingrene for at ikke objektene skal skli ut av grepet. (Hvor mye fra den forrige oppsummeringen s 25 skal med her, evt. skal hele den andre oppsummeringen limes inn her?)

Vakuumpgriperen var dårligere egnet enn forventet. Kun sugekoppene med 40 mm diameter fikk noe feste. To klippfiskene med svært ulik overflatebeskaffenhet ble testet, som ansees å være representative for variasjonene som et griperverktøy må kunne håndtere. I tillegg til generelt dårlig grep ble det også sugd salt bort fra overflata, som ikke er ønskelig.

For å skille de enkelte fiskene fra hverandre enten fisk som ligger på pall (klippfisk) eller på brett (spesielt ryggsei) er det behov for et visionsystem. Løsning for dette ansees å kunne utvikles i nær framtid. Systemer for automatisert kvalitetssortering av klippfisk er delvis utviklet, men ikke tatt i bruk. En helautomatisert løsning for kvalitetssortering ansees som ikke aktuelt i nærmeste framtid, og vil kreve en større forskningsaktivitet (ref. tidligere forprosjekt utført av Matforsk og SINTEF IKT).

Nye automatiserte løsninger er foreslått med bruk av robot til pakkeoperasjonen. Vi anbefaler bruk av robot pga riktig posisjonering av den enkelte fisken. Roboter er prisgunstige og fleksible (kan om ønskelig bruke ulike griperverktøy på samme robot). Behovet for antall roboter styres i

stor grad av hvilket griperverktøyet som anvendes og hvor lang tid det tar å orientere griperverkøyet i forhold til fisken som skal gripes.

Den økonomiske evalueringen viser kontantstrømmen ved å innføre de skisserte løsningen for automatisert pakking av klippfisk og ryggsei. Den enkeltfaktoren som har størst påvikning på kontantstrømmen er endring i antall operatører. Case 1 og case 3 tilfredsstillers kravet til tilbakebetalingstid satt av bedriftene på 3-5 år.

Referanser

- [1] Davis, S, Gray, J.O, Caldwell, G. "An end effector based don the Bernoulli principle for handling sliced fruit and vegetables."
Robot and Computer Integrated Manufacturing, 2007.
- [2] Sun, D-W., Brosnan, T. "Improving quality inspection of food products by computer vision- a review."
Journal of Food Engineering, 2004. 61 (1) pp 3-16.
- [3] Chua, P.Y., Ilschner, T., Caldwell, D.G. "Robotic manipulation of food products- a review"
Industrial Robot: An International Journal, 2003. 30 (4) pp 345-354.
- [4] Goyache, F. et al. " The usefulness of artificial intelligence to assess subjective quality of products in the food industry"
- [5] Sanz, P.J. et al. "Grasping the Not-So-Obvious"
IEEE Robotics & Automation Magazine Sept. 2005: 44-52.
- [6] Connolly, C. "Automated food handling."
Assembly Automation, 2003. 23 (3) pp 249-251.
- [7] Tan, J. "Meat quality evaluation by computer vision"
Journal of Food Engineering, 2004. 61 (1) pp 27-35.
- [8] Buljo et al., "Ny griperteknologi for effektivisering av handtering og pakking i næringsmiddelindustrien."
STF F07047, Trondheim, 2007.

Vedlegg 1. Investeringsbehov for case 2

Innkjøp	Ant	pris/stk	pris	
Visionsystem Scorpionsystem fra Tordivel AS	1	80	80	
Innkapsling av kameraer og stativer	1	25	25	
Avskjerming rundt visionområde for å kontrollere lysforhold	1	15	15	
Scararoboter IP 65 (Cleanroom) Eksempelvis Motoman	2	300	600	
Gripere (lisenskostnader inkl. system for servicemedier)	2	200	400	
Robotsokler rustfri/syrefast	2	14	28	
Dekslinger rundt roboter med dører/sikkerhet mm	2	18	36	
Transportbånd ut fra eskereiser	2	100	200	
Transportbånd fra pakkecelle	2	50	100	
Transportbånd kretsløp 400 mm	1	100	100	
Eskereiser	1	200	200	
Sensorer, el-materiell mm	1	100	100	
Styreskap med plass for vision, pls, op-panel, motordrifter etc	1	120	120	
Palleinkrement	1	100	100	
Transportbånd fra sortering	1	35	35	
			2.139	2.139

Arbeid	Ant timer	timepris (KNOK)	pris (KNOK)	
Prosjektering/prosj ledelse for pilotanlegg	500	1,00	500	
Programmering vision	200	0,85	170	
Programmering robot	150	0,85	128	
Programmering styring	100	0,85	85	
Bygging, montasje, oppkobling eget verkst	400	0,65	260	
Testing, modifiseringer	400	0,65	260	
Montasje, idriftsettelse	200	1,00	200	
	1.950		1.603	1.603
		Prosjekt total		3.742

Vedlegg 2. Kontantflyt for case 2

			År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Salgsvolum	(tonn)		0	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
	Endring utbytte	(%)			0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Endring ant. årsverk (operatører)	(årsverk)			-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
	Endring ant. årsverk (vedlikehold/teknisk)	(årsverk)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Investering maskiner inkl prosjektering	(KNOK)		3.707	0									
	Salg av maskiner	(KNOK)		0										
	Inv. bygg og infrastruktur	(KNOK)		200										
	Opplæring og griperutvikling	(KNOK)		200	0									
	Varebeholdning			0										
	Fordringer			0										
Beløp i 1000 kr														
	Parameter	År		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kapitalutgifter/inntekter			(4.107)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
1.1	Produksjonsutstyr			(3.707)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2	Bygninger og infrastruktur			(200)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
1.3	Opplæring og griperutvikling			(200)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4	Endring i varebeholdning			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	Endring i fordringer			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6	Andre kapitalutgifter/inntekter													
2	Endring i kontantstrømmer fra drift før skatt (driftsresultat)			0	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	422	422	422	422	422
2.1	Netto salgsinntekt (endret utbytte)	10.000 (KNOK)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	Råvarekostnad	0,0 %	%		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	Produksjonskostnad operatør	360.000 (KNOK)/år			720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
2.4	Produksjonskostnad operatør (teknisk)	450.000 (KNOK)/år		0	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)
2.5	Andre kostnader (vedlikehold)	0,1 % (KNOK)			(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)
2.6	Husleie	(KNOK)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.7	Avskrivninger maskiner og utstyr	5 år			(741)	(741)	(741)	(741)	(741)	0	0	0	0	0
2.8	Avskrivninger bygg og infrastruktur	15 år			(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)
3	Kontantstrøm fra drift etter skatt (driftsresultat)				(230)	(230)	(230)	(230)	(230)	304	304	304	304	304
3.1	Skatt på driftsresultat	28 %	%		(90)	(90)	(90)	(90)	(90)	118	118	118	118	118
4	Netto fortjeneste + avskrivninger				525	525	525	525	525	317	317	317	317	317
5	Netto kontantstrøm			(4.107)	525	525	525	525	525	317	317	317	317	384
6	Netto akkumulert kontantstrøm			(4.107)	(3.582)	(3.058)	(2.533)	(2.009)	(1.484)	(1.167)	(851)	(534)	(217)	167
	Diskonteringsfaktor	15 %	%	15 %										
	Nåverdi (beløp i 1000 kr)				(3.651)	(3.254)	(2.909)	(2.609)	(2.349)	(2.212)	(2.093)	(1.989)	(1.899)	(1.804)
	Internrente				#NUM!	#NUM!	#NUM!	-22 %	-13 %	-9 %	-6 %	-3 %	-1 %	1 %

Vedlegg 3. Investeringsbehov for case 3

Innkjøp	Ant	pris/stk	pris	
Visionsystem Scorpionsystem fra Tordivel AS	1	80	80	
Innkapsling av kameraer og stativer	1	25	25	
Avskjerming rundt visionområde for å kontrollere lysforhold	1	15	15	
Scararoboter IP 65 (Cleanroom) Eksempelvis Motoman	4	250	1.000	
Gripere (lisenskostnader inkl. system for servicemedier)	4	250	1.000	
Robotsokler rustfri/syrefast	4	14	56	
Dekslinger rundt roboter med dører/sikkerhet mm	1	30	30	
Transportbånd ut fra eskereiser	1	50	50	
Transportbånd fra pakkecelle	1	35	35	
Fremmater og rister	1	500	500	
Eskereiser	1	200	200	
Sensorer, el-materiell mm	1	100	100	
Styreskap med plass for vision, pls, op-panel, motordrifter etc	1	120	120	
			3.211	3.211

Arbeid	Ant timer	timepris (KNOK)	pris (KNOK)	
Prosjektering/prosj ledelse for pilotanlegg	500	1,00	500	
Programmering vision	200	0,85	170	
Programmering robot	150	0,85	128	
Programmering styring	100	0,85	85	
Bygging, montasje, oppkobling eget verkst	400	0,65	260	
Testing, modifiseringer	400	0,65	260	
Montasje, idriftsettelse	200	1,00	200	
	1.950		1.603	1.603
		Prosjekt total		4.814

Vedlegg 2. Kontantflyt for case 3.

		År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Salgsvolum	(tonn)	0	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
	Endring utbytte	(%)		0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Endring ant. årsverk (operatører)	(årsverk)		-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
	Endring ant. årsverk (vedlikehold/teknisk)	(årsverk)		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Investering maskiner inkl prosjektering	(KNOK)	4.814	0									
	Salg av maskiner	(KNOK)	0										
	Inv. bygg og infrastruktur	(KNOK)	200										
	Opplæring og griperutvikling	(KNOK)	200	0									
	Varebeholdning		0										
	Fordringer		0										
Beløp i 1000 kr													
	Parameter	År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kapitalutgifter/inntekter		(5.214)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
1.1	Produksjonsutstyr		(4.814)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2	Bygninger og infrastruktur		(200)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
1.3	Opplæring og griperutvikling		(200)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4	Endring i varebeholdning		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	Endring i fordringer		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6	Andre kapitalutgifter/inntekter												
2	Endring i kontantstrømmer fra drift før skatt (driftsresultat)		0	519	519	519	519	519	1.482	1.482	1.482	1.482	1.482
2.1	Netto salgsinntekt (endret utbytte)	10.000 (KNOK)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	Råvarekostnad	0,0 % %		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	Produksjonskostnad operatør	360.000 (KNOK)/år		1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
2.4	Produksjonskostnad operatør (teknisk)	450.000 (KNOK)/år	0	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)	(225)
2.5	Andre kostnader (vedlikehold)	0,2 % (KNOK)		(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
2.6	Husleie	(KNOK)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.7	Avskrivninger maskiner og utstyr	5 år		(963)	(963)	(963)	(963)	(963)	0	0	0	0	0
2.8	Avskrivninger bygg og infrastruktur	15 år		(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)
3	Kontantstrøm fra drift etter skatt (driftsresultat)			374	374	374	374	374	1.067	1.067	1.067	1.067	1.067
3.1	Skatt på driftsresultat	28 % %		145	145	145	145	145	415	415	415	415	415
4	Netto fortjeneste + avskrivninger			1.350	1.350	1.350	1.350	1.350	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080
5	Netto kontantstrøm		(5.214)	1.350	1.350	1.350	1.350	1.350	1.080	1.080	1.080	1.080	1.147
6	Netto akkumulert kontantstrøm		(5.214)	(3.864)	(2.515)	(1.165)	185	1.535	2.615	3.695	4.775	5.855	7.002
	Diskonteringsfaktor	15 % %	15 %										
	Nåverdi (beløp i 1000 kr)			(4.040)	(3.020)	(2.132)	(1.361)	(690)	(223)	183	537	844	1.127
	Internrente			#NUM!	-35 %	-12 %	1 %	9 %	13 %	16 %	18 %	20 %	21 %