

# RAPPORT



## **Automatisk krokinspeksjon ved bruk av maskinsyn i mekanisert linefiske. Sluttrapport - fase I**

John Reidar Mathiassen og Vegar Johansen

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)

**SINTEF Fiskeri og havbruk, avd. Fiskeriteknologi**

Februar 2006



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**  
Fiskeriteknologi

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse:  
SINTEF Sealab  
Brattørkaia 17B

Telefon: 4000 5350  
Telefaks: 932 70 701

E-post: fish@sintef.no  
Internet: www.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Automatisk krokinspeksjon ved bruk av maskinsyn i mekanisert linefiske. Sluttrapport - fase I**

FORFATTER(E)

John Reidar Mathiassen og Vegar Johansen

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

RAPPORTNR. SFH80 A063017	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Eirik Ulsund / FHF-referanse: 351011	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-03876-6	PROSJEKTNR. 830147 – Krokinspeksjon fase 1	ANTALL SIDER OG BILAG 13 sider, 0 bilag
ELEKTRONISK ARKIVKODE Sluttrapport_krokklassifisering_fase1.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Vegar Johansen <i>Vegar Johansen</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Halvard L. Aabjord <i>Halvard L. Aabjord</i>	
ARKIVKODE	DATO 6. februar 2006	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Håvard Røsvik, forskningssjef. <i>Håvard Røsvik</i>	

## SAMMENDRAG

Formålet med prosjektet har vært å utvikle en lab-prototype for å teste om maskinsyn kan brukes til automatisk deteksjon av defekte linekroker.

Defekte kroker kan kategoriseres som helt defekte (må erstattes med nye) og kroker som kan rettes og brukes på nytt. I prosjektet har man arbeidet med kroktypene som er vanligst i norsk banklinefiske i dag. Dersom man vil utvide teknologien til å klassifisere andre kroktyper vil det være en relativt enkel jobb.

Det er utviklet en lab-prototype, og tester med denne viser at maskinsyn er velegnet som sensor for å klassifisere krok som defekt eller ikke-defekt. Tester gjort på ca. 400 krok viser at 97.5 % av defekte kroker blir funnet av maskinsynsystemet. Klassifisering av én krok tar mellom 1/5 og 1/10 sekund på en vanlig PC med 3GHz klokkefrekvens.

I prosjektet har man også vist at det er muligheter for å bruke statistisk analyse av analyserte kroker til f.eks. å finne driftsproblemer ved autolinesystemet eller til å kvalitetssikre krokenes form slik at egning og fiskelighet sikres best mulig.

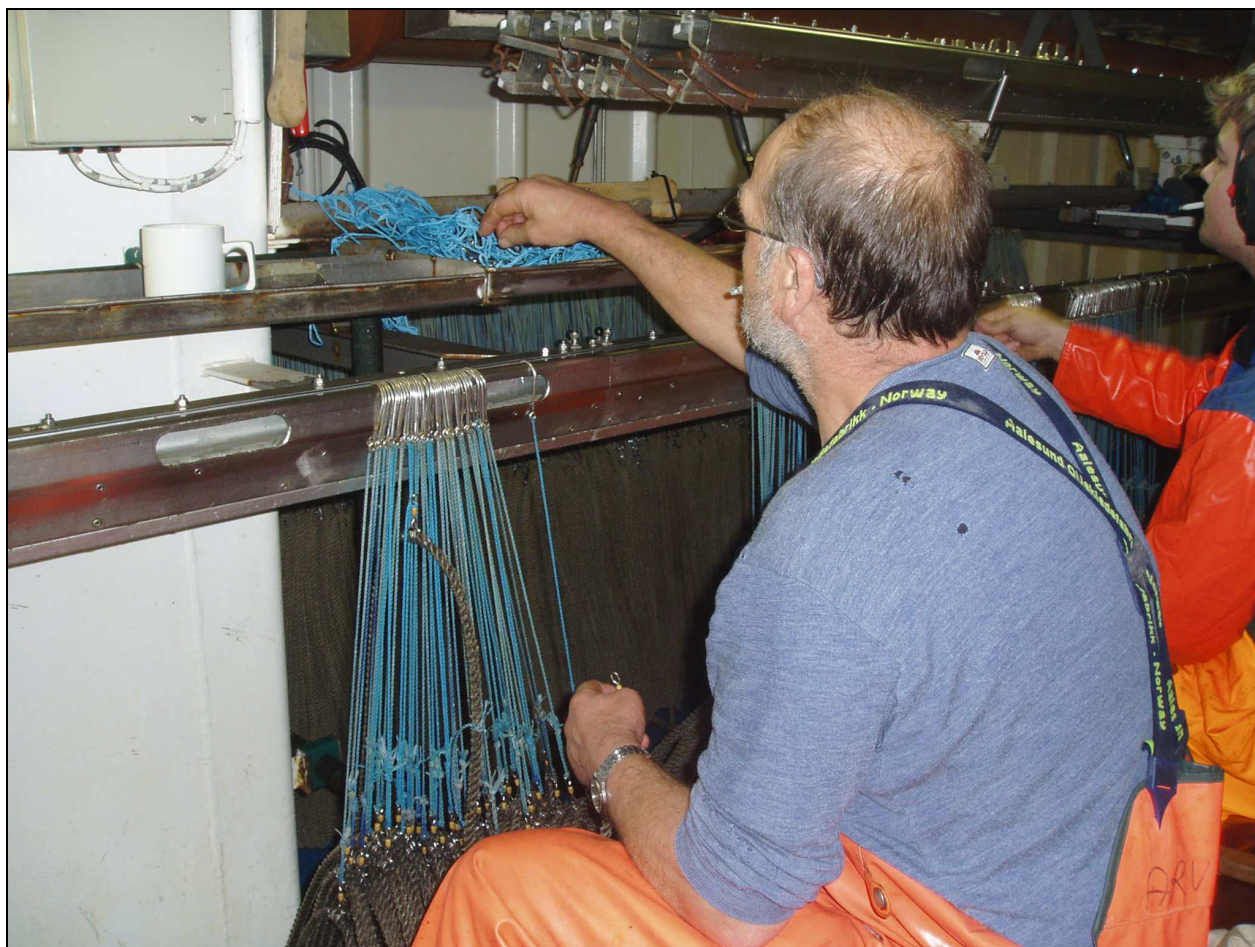
STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Fiskeriteknologi	Fishing Technology
GRUPPE 2	Maskinsyn	Machine vision
EGENVALGTE	Mekanisert linefiske	Mechanized longlining
	Krokinspeksjon	Hook inspection
	Bildebehandling	Image processing

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Maskinsynsystemet</b> .....	<b>4</b>
	2.1 Eksempler på defekte kroker .....	5
	2.2 Parametere for klassifisering av krok .....	7
<b>3</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Praktisk nytte av systemet</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Videre arbeid</b> .....	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>13</b>

## 1 Bakgrunn

I juni 2005 ble det avholdt et møte mellom linefiskere, Norges Fiskarlag, Best Fishing Gear AS (BFG), O. Mustad & Son A.S. (Mustad) og SINTEF Fiskeri og havbruk AS (SFH) med det formål å avklare om man skulle investere i et prosjekt for å demonstrere om maskinsynteknologi potensielt kan benyttes til å sortere kroker om bord på autolinebåt. Maskinsyn er anvendelse av digitalkamera, datamaskin og programvare for automatisk inspeksjon, klassifisering og sortering. Man kom frem til at det var verdt å investere i et slikt prosjekt og utviklingsdelen av prosjektet ble formelt startet opp i august 2005. Målet med prosjektet har vært å undersøke om maskinsyn kan brukes som sensor i et automatisert totalsystem for å sortere ut kroker som må byttes eller rettes. Denne inspeksjonen og utsorteringen, rettingen og byttingen gjøres i dag manuelt.



**Figur 1. Manuell inspeksjon, sortering og bøting av liner ombord på havgående linebåt (Foto: Halvard L. Aasjord, SFH).**

Formålet med prosjektet har vært å:

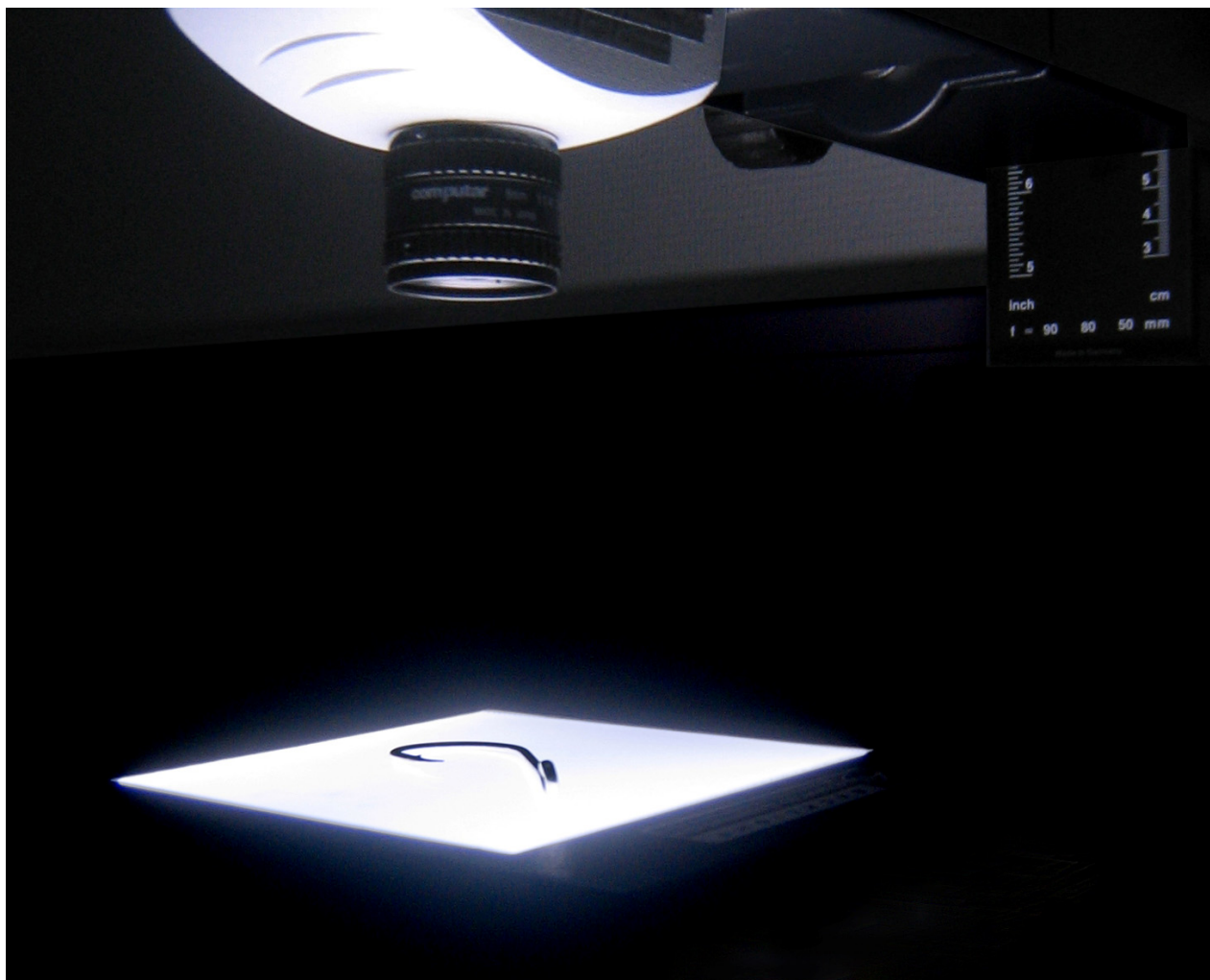
1. Utvikle teknologi basert på maskinsyn for å sortere brukt krok på autolinefartøy
2. Utføre labtester med valgt teknologi på et stort utvalg defekte og ikke-defekte kroker for å undersøke ytelsen til systemet
3. Gjennomføre prototypedemonstrasjon for leverandører av autolinesystemer (Mustad og BFG) og linefiskere/redere for å vurdere videreføring til kommersielt sluttprodukt
4. Foreslå videre utviklingsløp hvis utstyrsleverandører og fiskere er innstilte på dette.



Den forskningen og utviklingen som har vært gjort i prosjektet indikerer at maskinsyn ser ut til å være en velegnet sensorteknologi for automatisert sortering av kroker. Denne rapporten vil beskrive maskinsynsystemet og resultatene som er oppnådd, samt skissere retninger for en mulig videreføring av prosjektet. Prosjektets fase I ble ferdigstilt i februar 2006.

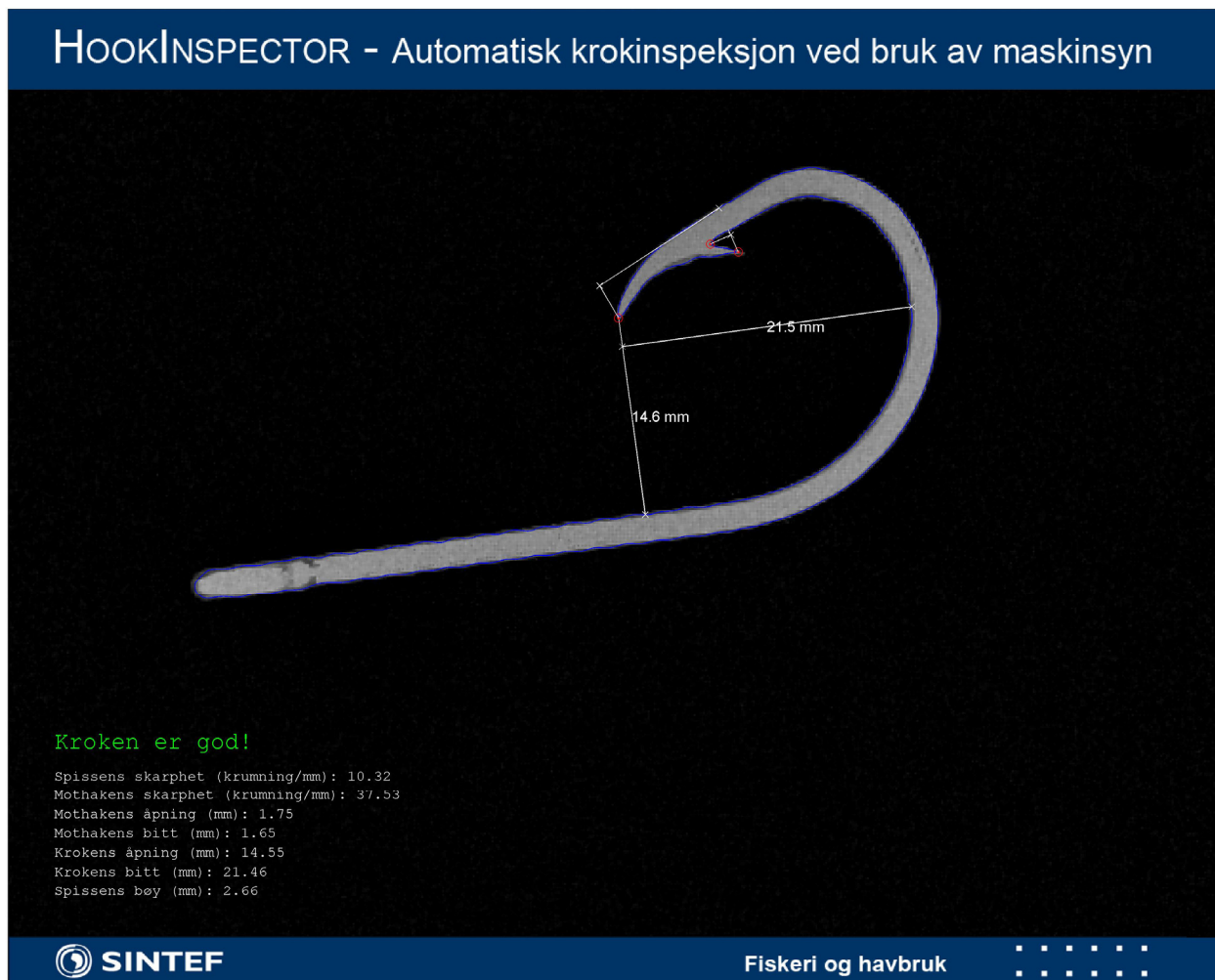
## 2 Maskinsynsystemet

Maskinsynsystemet er et prototypeoppsett bestående av en LED-backlight fra Advanced Illumination, et A662 FireWire digitalkamera fra PixeLINK, M0814-MP kameralinse fra Computar, grensesnitt mellom digitalkameraet og utviklingsmiljøet (dataprogrammet) MATLAB, Image Processing Toolbox for MATLAB og egenutviklede maskinsynalgoritmer for klassifisering av linekrok. Figur 2 viser bilde av oppsettet.



**Figur 2. En linekrok er plassert på belysningsystemet og avbildes med et digitalkamera som er koblet til en datamaskin som behandler bildene med maskinsynalgoritmer og avgjør om kroken må rettes eller byttes.**

Etter at linekroken er plassert på bakkelysningen og hentet inn i MATLAB blir det behandlet av egenutviklede maskinsynalgoritmer som avgjør om kroken er defekt (og dermed må byttes eller rettes). Denne avgjørelsen tar mellom 0,1 og 0,2 sekunder på en vanlig PC. For demonstrasjonsformål har vi laget et grafisk grensesnitt kalt HookInspector. Figur 3 viser et skjermbilde fra HookInspector.



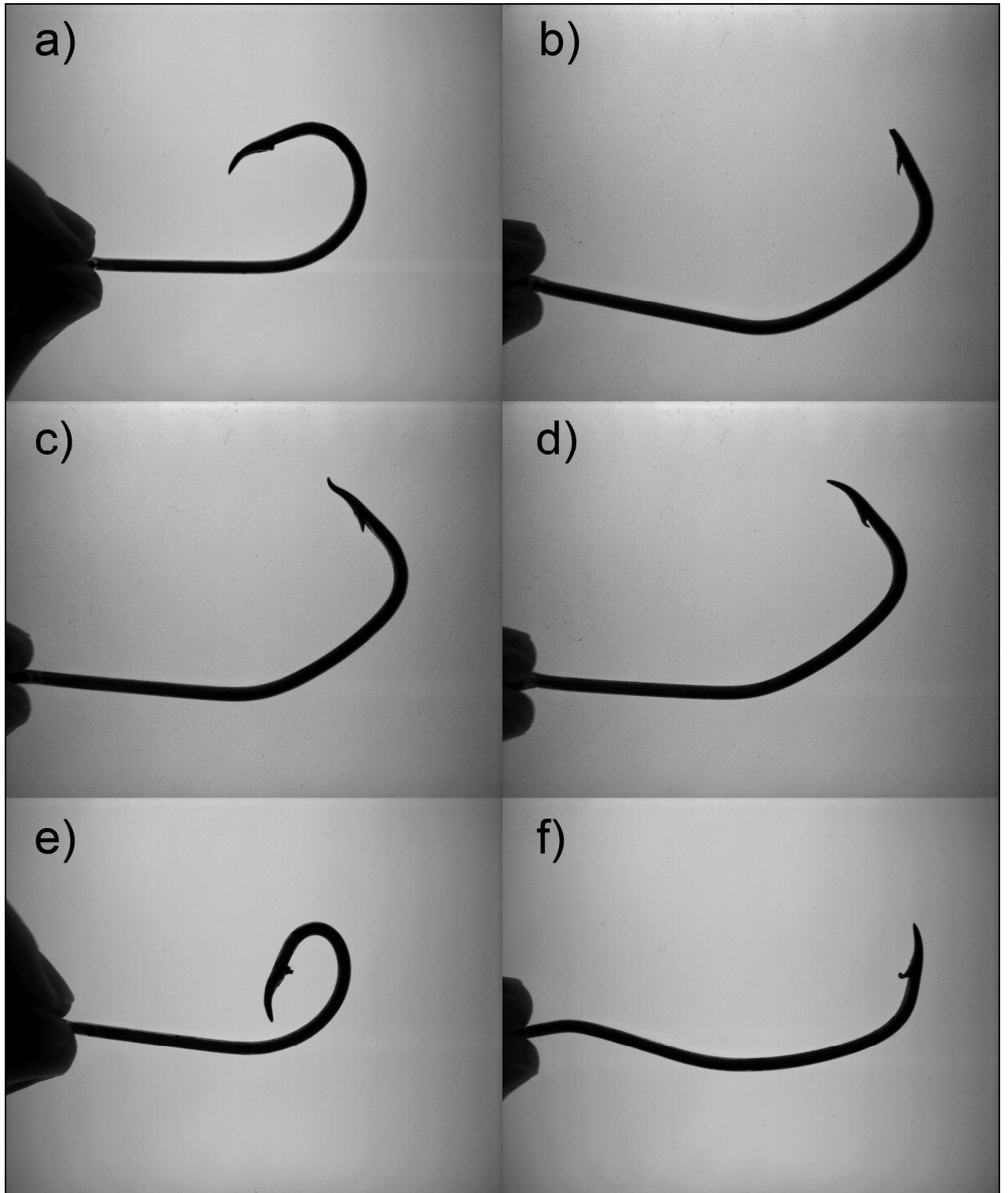
**Figur 3.** En ubrukt og feilfri linekrok er avbildet med maskinsynsystemet. Parametere som beskriver krokens tilstand er målt og på grunnlag av disse klassifiseres denne kroken som god.

### 2.1 Eksempler på defekte kroker

Man fikk tak i brukte kroker av type EZ 12/0 og EZ 13/0 fra to forskjellige havgående linefartøy. Disse hadde mange ulike typer feil, og de fleste feiltypene er illustrert i Figur 4. Her ser vi at

- a) har manglende mothake,
- b) har feil form og knekt spiss,
- c) har feil form og bakoverbøyd spiss,
- d) har feil form og sammenklemt mothake,
- e) har feil form og dårlig mothake og
- f) har feil form og bøyd mothake.

En manuell inspeksjon av alle krokene ble gjort og på grunnlag av dette og diskusjon med representanter for BFG og Mustad kom vi frem til et sett med parametere som kan måle de viktigste feiltypene.



Figur 4. Eksempler på defekte kroker.

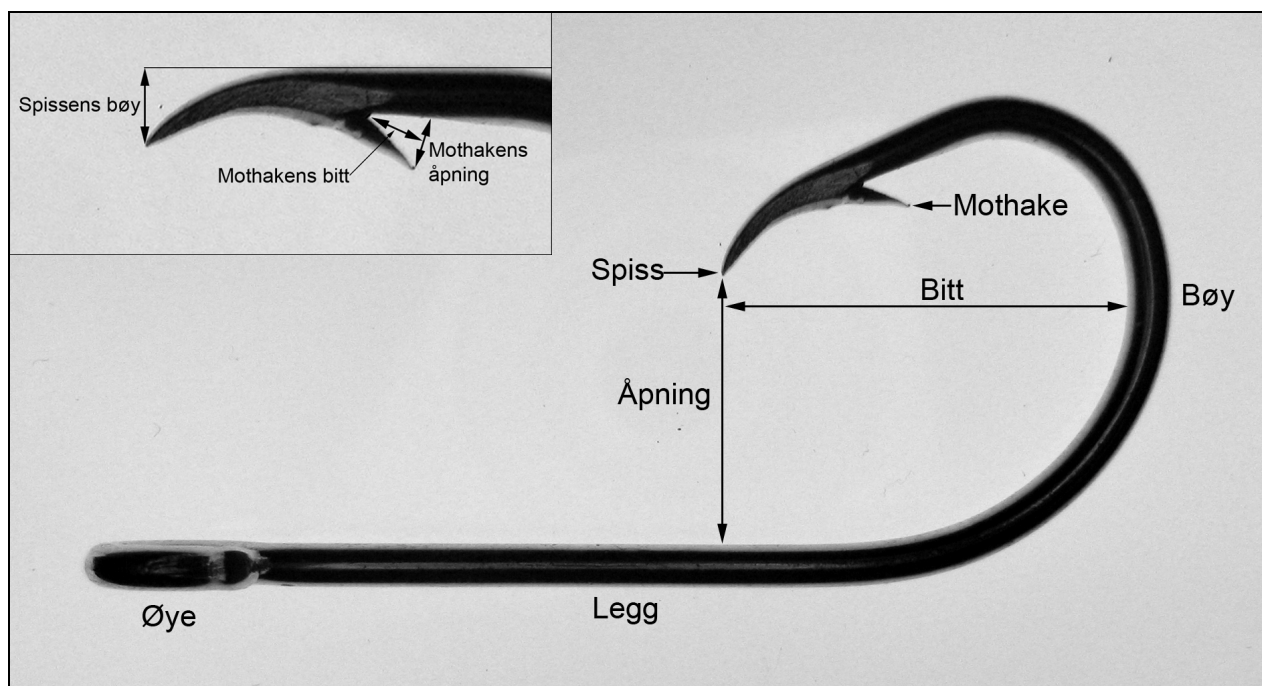


## 2.2 Parametere for klassifisering av krok

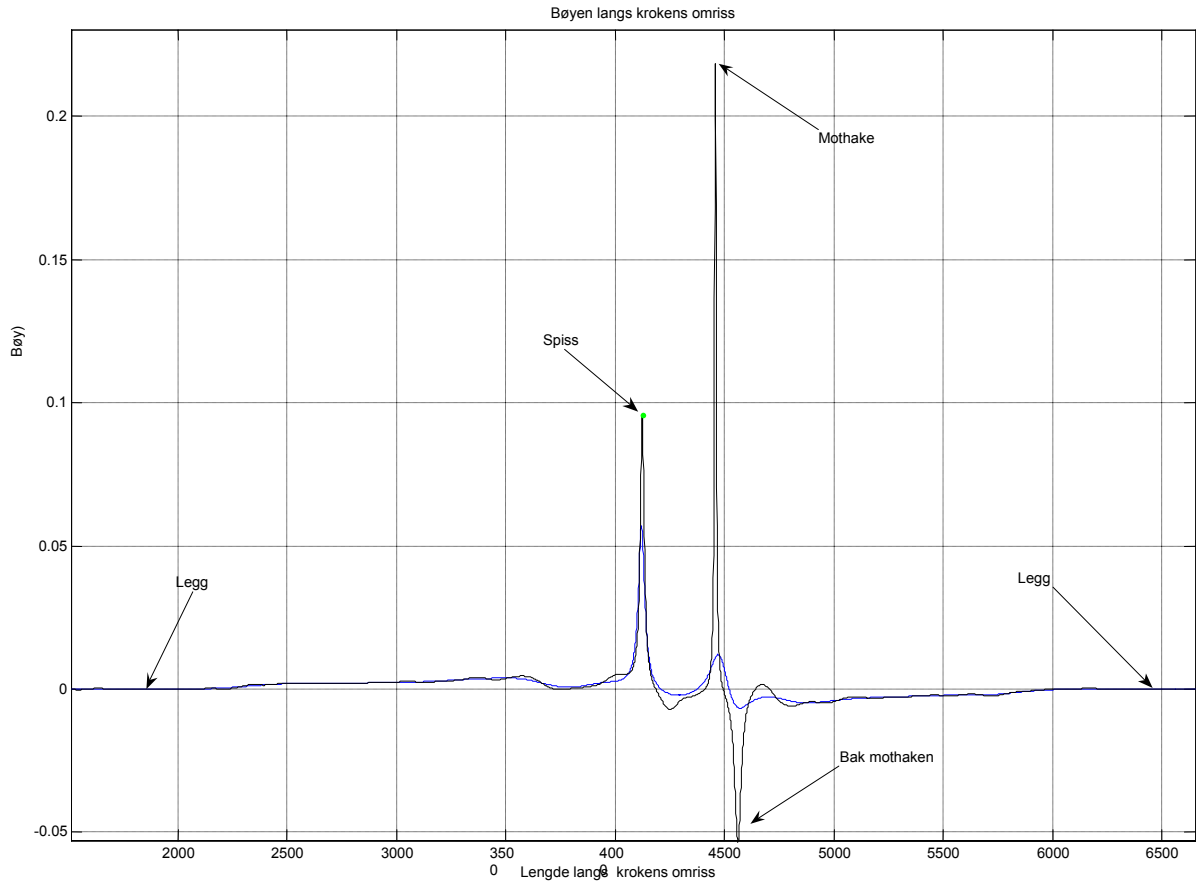
For klassifisere kroken som defekt (må byttes eller rettes) eller ikke-defekt måler vi følgende syv klassifiseringsparametere:

1. Krokens åpning – avstand fra spiss til legg.
2. Krokens bitt – avstand fra åpning til bøy.
3. Spissens skarphet.
4. Mothakens skarphet.
5. Mothakens åpning.
6. Mothakens bitt.
7. Spissens bøy.

Figur 5 illustrerer disse parametrene. Før disse parametrene kan måles må det digitale bildet prosesseres slik at vi kan hente ut krokens omriss. Når omrisset er funnet blir det glattet ut slik at spissen kan lokaliseres ved å analysere bøyen på omrisset. Dette er illustrert ved den blå kurven i Figur 6. Alle videre parametermålinger er avhengig av at spissen er korrekt lokalisert. Etter spisslokaliseringen blir omrisset glattet ut akkurat nok til å fjerne målestøy og deretter lokaliseres spissen med større nøyaktighet samtidig som skarpheten til spissen og mothaken måles. Dette er illustrert ved den svarte kurven i Figur 6. Parametrene 1, 2, 5, 6 og 7 måles ved geometriske metoder.



**Figur 5. Illustrasjon av klassifiseringsparametere og notasjon.**



**Figur 6. Bøyen til krokens omriss brukes for å måle hvor skarp spissen og mothaken er.**



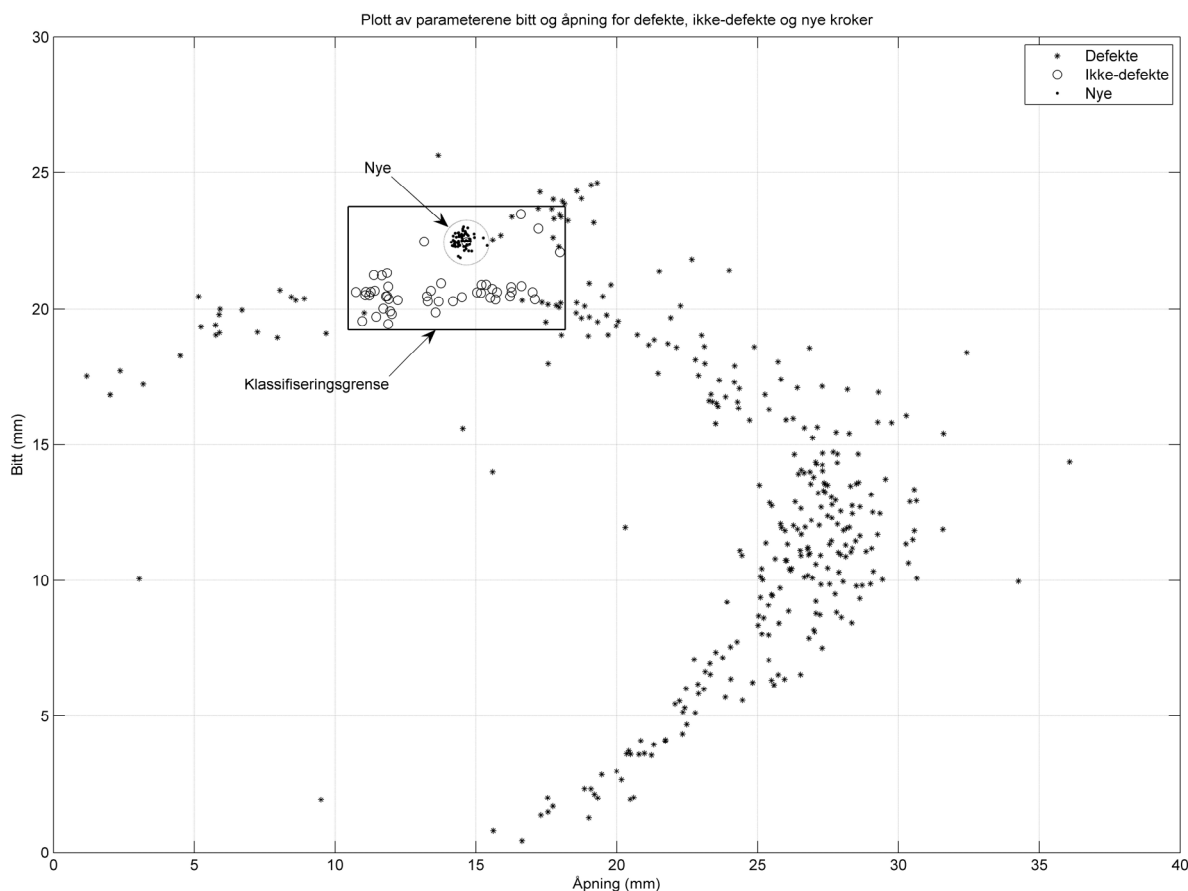
### 3 Resultater

Etter at algoritmer var utviklet for å hente ut de syv måleparametrene nevnt i forrige avsnitt, ble det gjennomført klassifiseringstester for å kunne si noe om hvor bra maskinsynalgoritmene er til å identifisere defekte kroker. Dette ble gjort ved å måle parametrene på defekte kroker og ikke-defekte kroker og sammenligne disse målingene med klassifiseringsgrenser. For hver parameter, for eksempel bitt, bestemmes det en øvre og nedre grense for hva som er tillatt verdi dersom kroken skal klassifiseres som ikke-defekt. Dersom man måler bitt til å være 15 millimeter og sammenligner dette med nedre og øvre godtatte grenser på for eksempel henholdsvis 19 og 24 millimeter vil man klassifisere kroken som defekt.

Algoritmene skille også mellom krok som må byttes og krok som kan rettes. Dersom en vesentlig feil som ikke kan ordnes ved å benytte en krokretter blir detektert vil kroken bli klassifisert som "må byttes". Et eksempel på en slik feil er manglende mothake. Dersom feilen er mindre alvorlig vil systemet indikere at kroken kan rettes. Et eksempel på en slik feil kan være at åpningen er 2 millimeter for stor, og det kan selvfølgelig rettes tilbake.

Analysene ble utført på 59 brukte EZ 12/0 kroker, 306 brukte EZ 13/0 kroker nye EZ 12/0 kroker. I alle analysene ble parametrene til EZ 13/0 krokene skalert ned til EZ 12/0-størrelse slik at datasettene kunne behandles under ett. Alle krokene ble manuelt sortert som enten defekt eller ikke-defekt. Det ble tatt 5 bilder av hver krok. Hensikten med å ta flere bilder av samme krok er å sikre at klassifiseringsresultatene som presenteres er gyldige uavhengig av krokens posisjon og orientering i bildet.

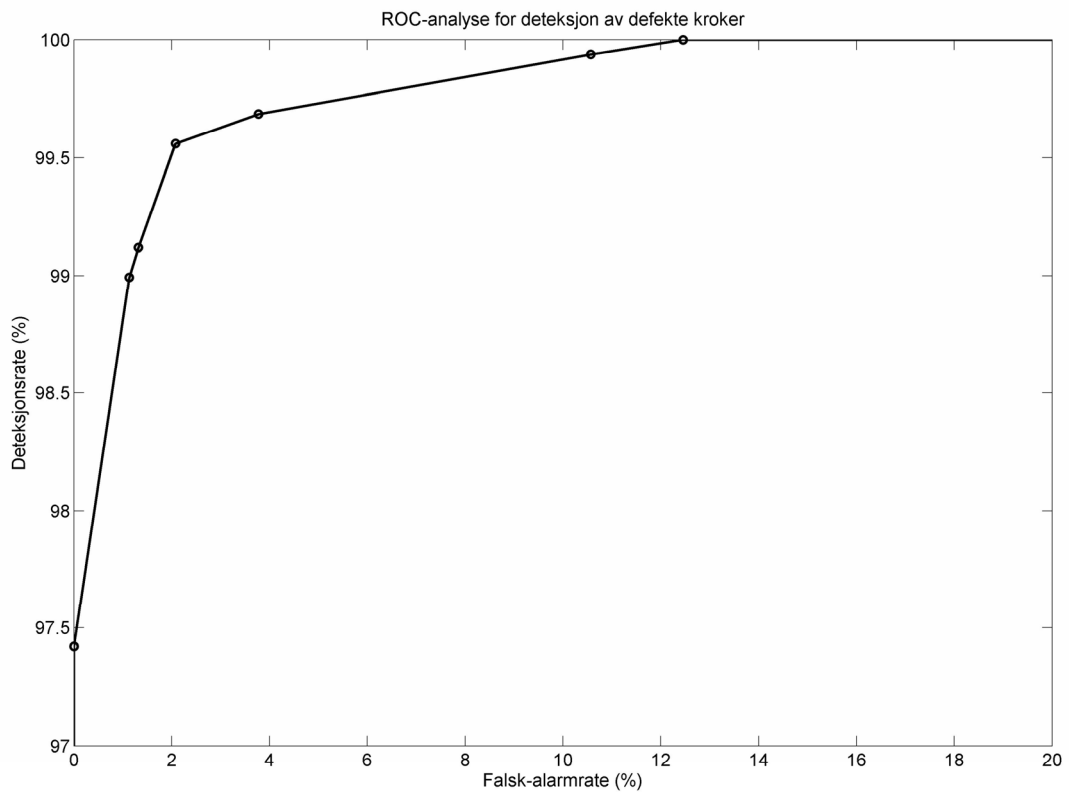
Fra Figur 7 ser man at det er et relativt klart skille mellom defekte og ikke-defekte kroker. Klassifiseringsgrensen er tegnet inn. Kroker innenfor dette området klassifiseres som ikke-defekte og kroker utenfor som defekte. Tilsvarende grenser finnes for de andre parametrene. En slik figur er en nyttig statistikk over hvilke typer feil som er mest utbredt. Vi ser for eksempel at mange kroker har enten en for stor åpning og for lite bitt, slik som i Figur 4 b), c), d) og f). I dette konkrete tilfellet fant man også at parameter 7, krokspissenes bøy, var feil. Tilsammen er disse målingene en indikasjon på at krokene ble deformert ved f.eks. en hekt et eller annet sted langs autolinesystemet i båten etter at fisken var frigjort fra kroken.



**Figur 7. Plott av bitt og åpning for defekte, ikke-defekte og nye kroker. Hvert punkt tilsvarer parametermålinger gjort med ett bilde av én krok.**

For å få et tallfestet svar på hvor bra maskinsyn er til å detektere defekte kroker gjennomførte vi en ROC (eng: receiver operating characteristic) analyse. Denne er plottet i Figur 8. ROC-analysen går kort fortalt ut på å prøve seg frem med mange forskjellige klassifiseringsgrenser på alle parameterne og for hvert sett med grenser beregner man deteksjonsrate og falsk-alarmlrate som plottes i ROC-kurven. I vårt tilfelle ønsker vi å detektere defekte kroker.

Deteksjonsrate er andelen av de defekte krokene som blir klassifisert som defekte, med andre ord andelen (i prosent) av de dårlige krokene som blir funnet av maskinsynsystemet. Falsk-alarmlrate er andelen av de ikke-defekte krokene som blir klassifisert som defekte, med andre ord andelen av de gode krokene som maskinsynsystemet likevel sier er dårlig. Hvert punkt på ROC-kurven beskriver dermed deteksjonsraten og falsk-alarmlraten for ett sett med klassifiseringsgrenser. Fra figuren ser vi at ved 0 % falsk-alarmlrate har vi en deteksjonsrate på ca. 97.5 %. Det betyr at systemet finner ca. 97.5 % av de dårlige krokene uten å klassifisere noen av de gode som dårlige. Dersom man ønsker å finne 100 % av de dårlige krokene vil falsk-alarmlraten være ca. 13 %.



**Figur 8. ROC-analyse for deteksjon av defekte kroker. På x-aksen (vannrett akse) beskrives andelen av de ikke-defekte krokene som blir klassifisert/detektert som defekte og på y-aksen (loddrett akse) andelen av de defekte krokene som blir klassifisert/detektert som defekte.**

#### 4 Praktisk nytte av systemet

I dette prosjektet har vi demonstrert at maskinsynsteknologien kan brukes som sensor i et automatisert totalsystem for å sortere ut defekte linekroker som må byttes eller rettes. Tester gjort på ca. 400 krok viser at 97.5 % av defekte kroker blir funnet av maskinsynsystemet. Klassifisering av én krok tar mellom 1/5 og 1/10 sekund på en vanlig PC med 3GHz klokkefrekvens.

Enkelte linefiskere har nevnt at det er svært viktig med robuste komponenter i et slikt system hvis det skal installeres i et så utsatt miljø som det man finner ombord i autolinefartøyene. Det fins som hylleware industri-PC'er i dag som er beregnet til å stå i slike miljøer. Disse fåes i mange forskjellige utgaver og kan være spesifisert til å tåle alt fra store vibrasjoner og støt til vannsprut og spyling. Slike PC'er kan også fåes som integrerte systemer med skjjermer, tastatur eller kun som en liten frittstående boks. Også kameraenheter kan kjøpes med tilsvarende spesifikasjoner.

Selv om teknologien ser ut til å fungere meget bra er det fortsatt et stykke igjen før man har utviklet et system som kan gjøre praktisk nytte i mekanisert linefiske. Under forutsetning av at man får installert systemet langs forløperen til krokmagasinene ser man at systemet kan bidra til flere ting:

1. Sortere ut alle kroker som ikke tilfredsstill de grensene som er satt for de sju målte parametrene som er beskrevet i kapittel 2.2 og dermed oppnå
  - a. økt fiskelighet som følge av jevn krokkvalitet og høyere grad av egning.
  - b. mindre arbeidsbelastning på linefiskeren i egnarhuset (linekorridoren).
2. Skipperen, styrmannen eller maskinisten (offiserene) kan enkelt endre grensene for hvilke kroker som skal rettes eller forkastes. Det betyr at man har en kvalitetskontroll på hvilke kroker som settes på sjøen og kan endre aktuelle parametre (f.eks. krokåpning og bitt) slik at fiskeligheten blir best mulig.
3. Hvis man utvikler en mekanisk innretning for maskinell retting av krok med spesielle typer feil, kan maskinsynsystemet sortere hvilke kroker som skal gå til maskinell eller manuell retting og hvilke som må erstattes med nye.
4. Alle målte parametre for alle kroker kan lagres og tas frem av offiserene ombord på fartøyet. En enkel statistisk analyse som f.eks. den i Figur 7 kan da kjøres for hvert hal, hver dag, hver uke eller hver tur. Offiserene har da mulighet for å se om det er enkelte typer krokfeil som går igjen, og om det dermed er grunnlag for å finne evt. driftsproblemer (krokhekt o.l.) på linesystemet ombord.

Utgangspunktet for prosjektet var å prøve å utvikle et system som kunne redusere arbeidsbelastningen på mannskapet i egnarhuset (linekorridoren) slik at en fisker kan overflyttes til andre arbeidsoppgaver på båten. Dersom man får på plass teknologi for å rette kroker maskinelt etter en sortering med maskinsyn er nok dette realistisk forutsatt at arbeidsbelastningen på de øvrige fiskerne i egnarhuset ikke blir for stor. I tillegg ser man at maskinsynsteknologien kan bidra til å øke fiskelighet og avdekke enkelte driftsproblemer som medfører krokhekt o.l., og dette vil kunne bidra til både økt fiskelighet og besparelser på krok-kostnader. Totalvurderingen er derfor at man bør gå videre med denne teknologiutviklingen slik at den kan komme til praktisk nytte i banklinefisket.

## 5 Videre arbeid

Dersom det er ønskelig å ta utviklingen av denne teknologien videre ser man det som hensiktsmessig å inngå et nært samarbeid med en eller flere produsenter av autolinesystemer. På denne måten kan man finne frem til konsepter som integreres i autolinesystemet på en best mulig måte, samtidig som produsentene kan tilpasse denne teknologien til sine eksisterende produktporteføljer.

En mulig skisse til videre utviklingsløp ser slik ut:

1. Gjennomføre fininnstilling av algoritmene i maskinsynsystemet ut fra mange tusen brukte kroker – både gode og defekte. Dette for å gjøre teknologien så robust som mulig (forbedre ROC-kurvene).
2. Integrere en videreutviklet prototype av maskinsynenheten mekanisk i linesystemet. Dette fortrinnsvis et sted mellom splitta og magasinene. Her må man sikre seg at det blir tatt tilfredsstillende bilder av hver enkelt krok som passerer.
3. Lage et passende brukergrensesnitt slik at man kan endre klassifiseringsgrensene for de ulike krokparametre ved enkle operasjoner. Systemet skal så kunne gi tilbakemelding til fiskerne om hvilke feil som er funnet på de enkelte krokene når de passerer sensoren.
4. Legge til rette for å samle inn statistiske data for alle kroker slik at offiserene kan analysere og behandle data. Dette innebærer bl.a. utvikling av algoritmer for statistisk analyse.
5. Lage en mekanisk innretning som puffer defekte kroker ut av magasinet etter at de har passert sensoren. Dette kan baseres på et styresignal fra maskinsynsystemet.
6. Lage en innretning som automatisk kan rette kroker med spesielle feil (f.eks. for stor åpning eller bitt). Deretter kan man lage styresignaler fra maskinsynenheten som sorterer analyserte kroker i kategoriene ”godkjent”, ”rettes maskinelt”, ”rettes manuelt” og ”må byttes”.

Hvordan delresultater fra et slikt utviklingsløp kan kommersialiseres vil bli opp til den enkelte utstysproducent.

## 6 Konklusjon

Man har utviklet og demonstrert en lab-prototype av maskinsynteknologi for klassifisering av brukte linekrok i et mekanisert linesystem. Resultatene viser at maskinsyn vil kunne klassifisere krok med svært høy grad av nøyaktighet, forutsatt at man får avbildinger med tilfredsstillende kvalitet. Dersom man tar resultatene videre til kommersialisering ansees sannsynligheten for å ende opp med et nyttig sluttprodukt som svært høy.