

Utvikling, kalibrering og verifisering av håndholdt vannmåler for klippfisk og saltfisk

Leveranse 4.2: Ferdig kalibrert håndholdt prototype instrument



Illustrasjon: Nofima

Nofima er et ledende matforskningsinstitutt som driver med forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Vi leverer internasjonal anerkjent forskning og løsninger som gir næringslivet konkurransefortrinn langs hele verdikjeden.

«Bærekraftig mat til alle» er vår visjon.

Kontaktinformasjon

Telefon: 77 62 90 00

post@nofima.no

www.nofima.no

NO 989 278 835 MVA



Hovedkontor Tromsø

Muninbakken 9–13

Postboks 6122

NO-9291 Tromsø



Stavanger

Måltidets hus

Richard Johnsensgate 4

Postboks 8034

NO-4068 Stavanger



Sunndalsøra

Sjølsengvegen 22

NO-6600 Sunndalsøra



Ås

Osloveien 1

Postboks 210

NO-1433 ÅS



Bergen

Kjerreidviken 16

Postboks 1425 Oasen

NO-5844 Bergen

Rapport

<i>Rapportnummer:</i> 22/2022	<i>ISBN:</i> 978-82-8296-724-2	<i>ISSN:</i> 1890-579X
<i>Dato:</i> 31. oktober 2022	<i>Antall sider + sider vedlegg:</i> 11	<i>Prosjektnummer:</i> 13330
<i>Tittel:</i> Utvikling, kalibrering og verifisering av håndholdt vannmåler for klippfisk og saltfisk. Leveranse 4.2: Ferdig kalibrert håndholdt prototype instrument		
<i>Title:</i> Calibrated handheld NIR prototype for water determination in clipfish		
<i>Forfatter(e):</i> Jens Petter Wold og Petter Vejle Andersen (Nofima), Rodrigo González Reboredo (Anfaco), Jon Tschudi og Marion O'Farrell (SINTEF Digital)		
<i>Avdeling:</i> Råvare og Prosess		
<i>Oppdragsgiver:</i> FHF		
<i>Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.:</i> 901668		
<i>Stikkord:</i> Klippfisk, Vannmåling, NIR		
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> I dette prosjektet har en målsetting vært å utvikle et håndholdt instrument for måling av vanninnhold i klippfisk. SINTEF Digital har utviklet en prototype av et NIR instrument som Nofima har testet ut. Resultatene er meget lovende. På et sett av 40 klippfisk, der vanninnholdet varierte fra 39.4 – 52.8%, kunne vi med dette instrumentet lage en kalibrering som kan anslå vanninnholdet med en nøyaktighet på ± 1.3 %-poeng. Dette er omtrent like bra som det som oppnås med et stort og tungt NIR-instrument. Det er også vesentlig bedre enn det man normalt klarer å anslå ved tradisjonell vraking av fisken. Instrumentet er per i dag en prototype og videre utvikling er nødvendig dersom det skal bli tilgjengelig for næringa.		
<i>English summary/recommendation:</i> A prototype NIR instrument has been developed for the purpose of rapid and non-destructive determination of water content in clipfish. The prototype has been developed by SINTEF Digital and evaluated by Nofima. Promising results have been obtained. On a set of 40 fish, that spanned a water content from 39.4 – 52.8%, we could make a calibration that indicates that water content can be estimated with an accuracy of ± 1.3 %-points. This is comparable with what we can achieve with a large and heavy NIR instrument. It is also a much better accuracy compared to what is normally obtained by manual grading of the fish. The instrument is by now a prototype and further development is needed to make it commercial and accessible for the clipfish industry.		

Innhold

1	Bakgrunn	1
2	Måleinstrumenter	2
2.1	Nytt håndholdt instrument (GreenEye)	2
2.2	Andre NIR-instrumenter til sammenligning	2
2.3	Fisken	3
2.4	Instrumentelle målinger	3
3	Resultater	5
3.1	Variasjon i vanninnhold	5
3.2	Sammenligning av NIR instrumenter	6
3.3	Punktmåleren versus skanning	8
4	Konklusjon	10
5	Referanser	11

1 Bakgrunn

Vanninnhold i klippfisk er en viktig parameter som definerer kvalitet på klippfisk til eksport. Det er behov for en hurtig og ikke-destruktiv metode for måling av vanninnhold i klippfisk siden denne vil muliggjøre:

- Prosesstyring: fisk som ikke er tørr nok kan tørkes mer. Man kan effektivt lære mer om optimale tørkeprosesser.
- Kvalitetssortering: Man kan sørge for optimal sortering av produkter til ulike kunder og markeder i henhold til de ulike krav og spesifikasjoner. Dette kan gjøres mer effektivt og nøyaktig enn det som er mulig i dag.
- Kvalitetskontroll: Vanninnhold kan kontrolleres før eksport slik at man unngår reklamasjoner og økte tollsatser fordi fisken klassifiseres som saltfisk i stedet for klippfisk.

Vi har tidligere i prosjektet evaluert ulike målemetoder og så da at nær-infrarød (NIR) spektroskopi egner seg godt til måling av vanninnhold i klippfisk (Wold et al., 2021). Dette var velkjent fra før, men vi testet ut tre ulike instrumenter som ga svært ulike resultater. Det er svært viktig å måle dypt inn i fisken for å få gode målinger av vanninnhold. Instrumenter som måler dypt kan måle vanninnhold med en nøyaktighet på ca ± 1.1 %-poeng. Målinger på overflata av fisken fungerer dårlig (nøyaktighet på ± 2 %-poeng) på grunn av saltlaget og fordi overflata er tørrere enn det indre av fisken. Resultatene viste også at man kan få gode resultater ved å måle flere punkter på fisken med et punktmåleinstrument. Dette ga omtrent like gode resultater som å måle hele fisken med en såkalt skanner-løsning så lenge et bestemt sett med punkter måles.

I møte med prosjektets referansegruppe i juni 2021 ble det besluttet at vi skulle gå videre med å utvikle et *håndholdt NIR instrument* for måling av vanninnhold i klippfisk. Alternativet var å kalibrere en skanner fra TOMRA eller Maritech. Et håndholdt, og dermed portabelt, instrument ble foretrukket siden dette vil være mer fleksibelt i bruk.

Det finnes ikke noe håndholdt NIR-instrument som egner seg til vannmåling i klippfisk. Det er som nevnt svært viktig at et slik instrument måler dypt nok inn i fisken for å få gode målinger av vann og det er det ingen kommersielle instrumenter som gjør.

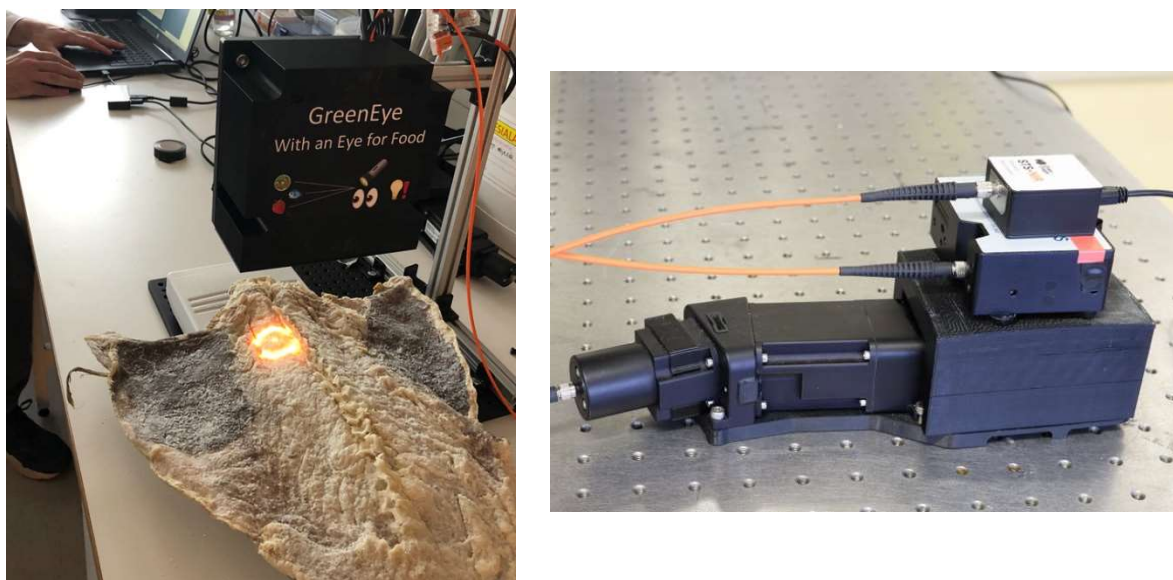
Denne rapporten oppsummerer kort hva som er gjort og resultatene som så langt er oppnådd med en helt ny prototype av et NIR instrument som SINTEF Digital har utviklet og Nofima har testet ut for vannmåling i klippfisk.

2 Måleinstrumenter

2.1 Nytt håndholdt instrument (GreenEye)

SINTEF Digital har i prosjektet utviklet en håndholdt belsningsprobe. Denne må per i dag kobles til et spektrometer og styres av en PC. Det er potensiale for å bruke et enda mindre spektrometer, men på grunn av de store forsinkelsene verden har opplevd på leveranse av teknologi, var det umulig å få tak i et godt egnet spektrometer. Vi har undersøkt og kartlagt flere alternativer og størrelser, og det som var best egnet hadde tidligere i 2022 en leveringstid på ett år mot normalt seks uker. Det lille spektrometeret ville ha gjort hele instrumentet bærbart, men vi valgte å gå videre med et større spektrometer for å ikke få for store forsinkelser i prosjektet.

Prototypen sto ferdig sent i mai 2022 og ble testet i et kalibreringsforsøk med klippfisk i juni 2022. Figur 1 viser instrumentet og antyder foreløpig størrelse. Vi kaller det så langt *GreenEye* fordi belsningen ser ut som et lysende øye. Den spesielle belsningen gjør at vi måler dypt inn i fisken, noe som er avgjørende for klippfisk, men også for en rekke andre produkter.



Figur 1. Prototype av håndholdt NIR instrument for måling av vanninnhold i klippfisk (venstre). Eksempler på spektrometre av forskjellige størrelser (høyre). Vi brukte det største i dette arbeidet.

2.2 Andre NIR-instrumenter til sammenligning

For å vurdere hvor godt den nye prototypen fungerer har vi sammenlignet den med to andre NIR-instrumenter som ble brukt tidligere i prosjektet.

- *SmartSensor* som også er et prototypeinstrument utviklet av SINTEF Digital (Figur 2). Det fungerer meget godt for å måle dypt inn i matvarer, men det er tungt, stort og ikke portabelt. *SmartSensor* ble testet ut i 2021 med gode resultater.
- *TOMRA QVision500* er en kommersiell industriell NIR skanner som er best egnet til å stå over transportbånd (Figur 2). Denne ga også gode resultater for måling av vanninnhold i klippfisk i 2021.



Figur 2. SmartSensor (venstre) og TOMRA QVision500 (høyre).

2.3 Fisken

Totalt 40 klippfisk/saltfisk ble brukt i forsøket. Disse kom fra tre bedrifter. Bedriftene ble bedt om å levere fisk som varierte i vanninnhold fra ca 42 – 56%. Ved hver bedrift ble ulike tørrhetsgrader plukket ut, pakket i egne kasser og merket med antatt vanninnhold. Fisken var av ulike størrelser og varierte i vekt fra 1.2 – 5.2 kg. Det var 32 torsk og 8 sei. Fisken ble sendt til Nofima på Ås og lå 5 dager på 4°C før de ble målt med de spektroskopiske instrumentene. Disse målingene gikk over 2 dager. Fisken holdt da stort sett romtemperatur. Da målingene var avsluttet ble hver fisk pakket i vakuumeringspose og forseglet (men uten vakuum) og lagt tilbake i de samme kassene som de kom i. De ble så lagret kjølig i 4 uker før de ble fraktet til ANFACO (Vigo, Spania) for referansemåling av vann.

Cross-section metoden (Codex Stan 167/1989) ble brukt for å måle vanninnholdet. ANFACO har god erfaring med å utføre denne metoden. Båndsag ble brukt for å skjære av 2 mm skiver på tvers av fisken. Disse stripene ble så klippet opp, blandet og fordelt i to omtrent like store porsjoner. Hver porsjon ble veid, tørket i varmeskap og veid i etterkant. Vanninnholdet ble så estimert basert på de to parallellene.

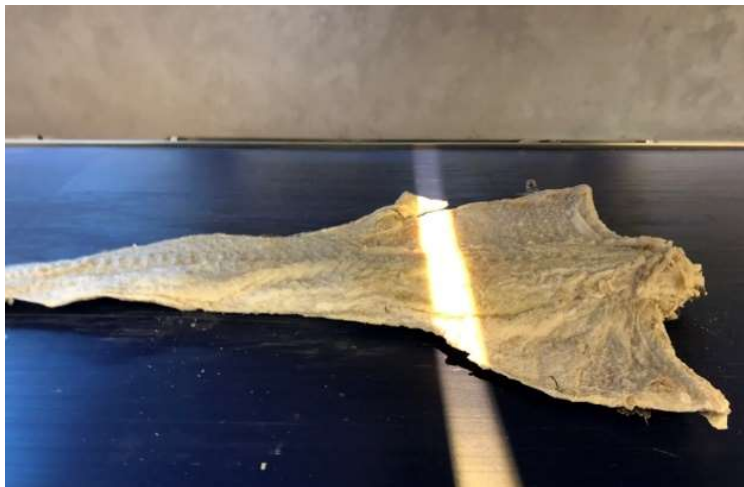
2.4 Instrumentelle målinger

Både SmartSensor og GreenEye måler punktvis, det vil si et måleområde på omtrent 5 cm i diameter. Det betyr at flere punkter på hver fisk må måles for å få representative målinger av gjennomsnittlig vanninnhold. Figur 3 viser punktene A, B, C, D, E, F, G, H som ble målt på hver fisk med disse instrumentene. Hver punktmåling tok ett sekund. Vi har så sett på resultatene når målingene fra disse punktene midles.



Figur 3. Målepunkter for hver fisk (venstre). Måling på ett målepunkt med GreenEye (høyre).

TOMRA skanneren måler hele fisken med et avbildende system (Figur 4).

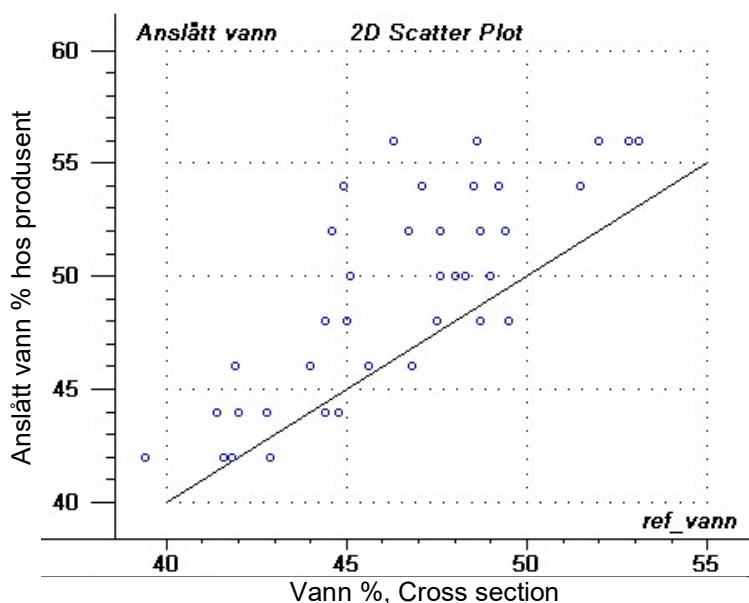


Figur 4. Skanning av klippfisk på transportbånd. Hele fisken måles på ett sekund.

3 Resultater

3.1 Variasjon i vanninnhold

Vanninnholdet i fisken varierte fra 39.4% til 52.8%. Figur 5 viser hvordan vrakerne manuelle klassifisering av fisken i bedriftene samsvarer med Cross-section metoden. Det er temmelig store avvik, som vi også har sett i tidligere forsøk. Det er verdt å merke seg at mange av fiskene hadde altfor høye anslag av vanninnhold, noe som ville gitt unødvendig tap ved salg. Gjennomsnittlig anslag av fuktighet ligger 2.8 % over referansemetoden.

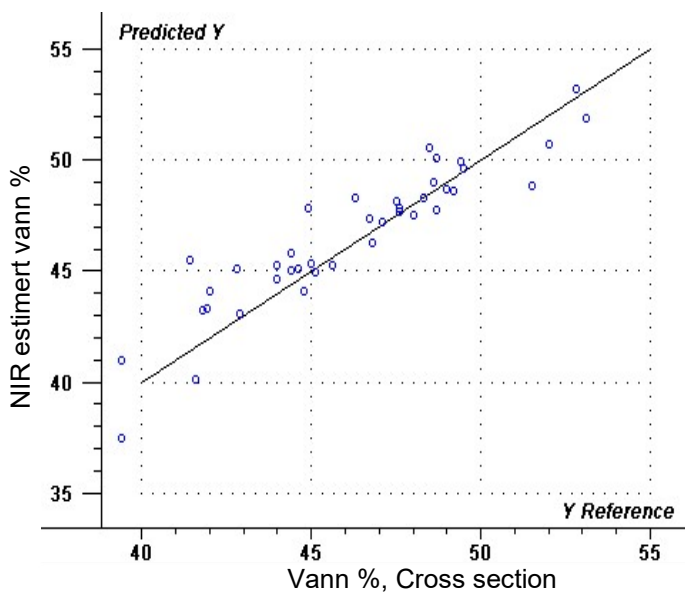


Figur 5. Samsvar mellom Cross-section og anslått vanninnhold av vrakerne i bedrift. Ved perfekt samsvar ville punktene ligget langs den sorte skrå linja.

Figur 6 viser til sammenligning hvordan de samme fiskene ble estimert med NIR-instrumentet SmartSensor. SmartSensor ble kalibrert for måling av vanninnhold i klippfisk i 2021, og det er denne kalibreringen som er brukt her. Gjennomsnittlig prediksjon av fuktighet ligger 0.4 % over referansemetoden, hvilket bør være akseptabelt.

SmartSensor har også noen avvik, men er langt mer nøyaktig enn vrakerne som har tatt ut fisken. Dette har vi også sett tidligere, at NIR kan ha en nøyaktighet på rundt $\pm 1\%$, mens vrakerne ligger på $\pm 2.5\%$.

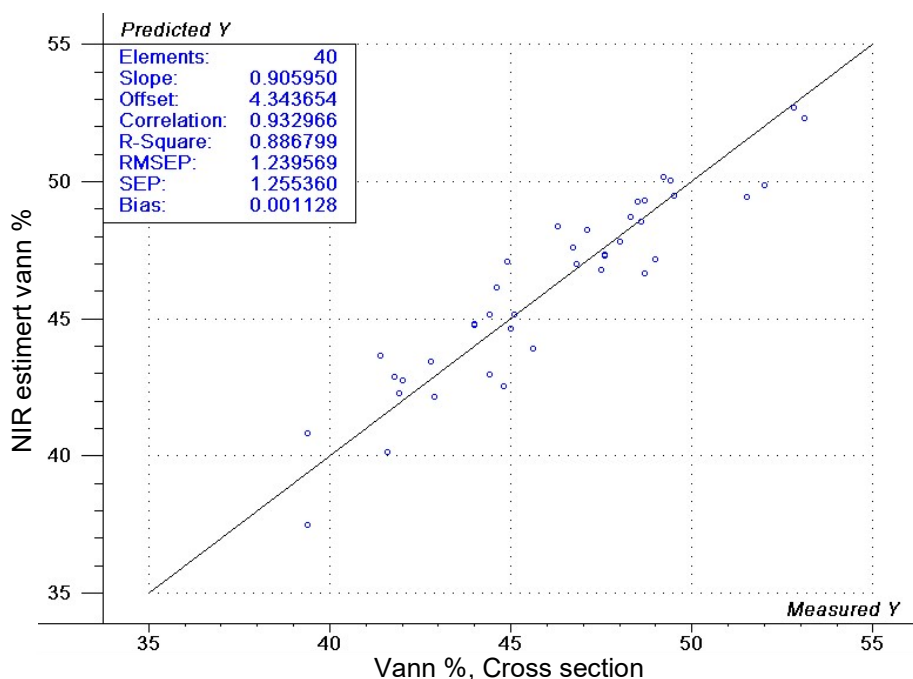
Resultatet med SmartSensor bekrefter det vi så i 2021, nemlig at man kan oppnå gode målinger av vanninnhold i klippfisk ved å ta gjennomsnittet av flere punktmålinger.



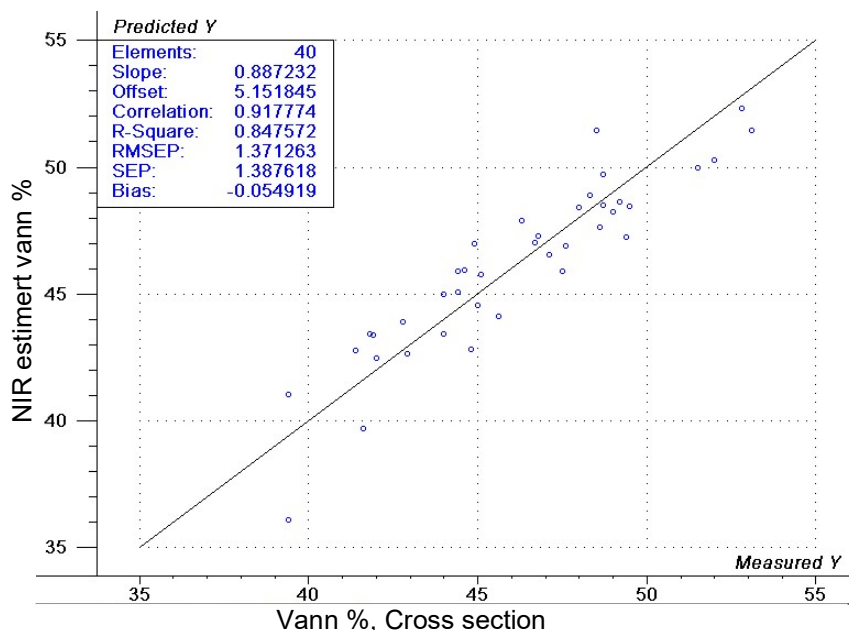
Figur 6. Samsvar mellom Cross-section og prediktert vann med NIR (SmartSensor, kalibrering fra 2021 benyttet). Ved et 100% samsvar ville punktene ligget langs den sorte skrå linja.

3.2 Sammenligning av NIR instrumenter

Når vi lager en ny kalibrering for SmartSensor basert på de nye 40 fiskene (Figur 7), så blir resultatet omtrent som når man bruker kalibreringen fra 2021, en prediksjonsfeil på 1.2%-poeng. Men den blir ikke fullt så nøyaktig som selve kalibreringen fra 2021. Det betyr at samsvaret mellom NIR målingene og referansemålingene ikke er like gode. Dette kan også skyldes usikkerhet i referansemålingene. Det kan også skyldes at det tok lang tid mellom NIR-målinger og referansemålinger, og at vanninnholdet kan ha endret seg noe. Men måten fisken ble pakket og lagret burde ikke ha gitt store endringer.



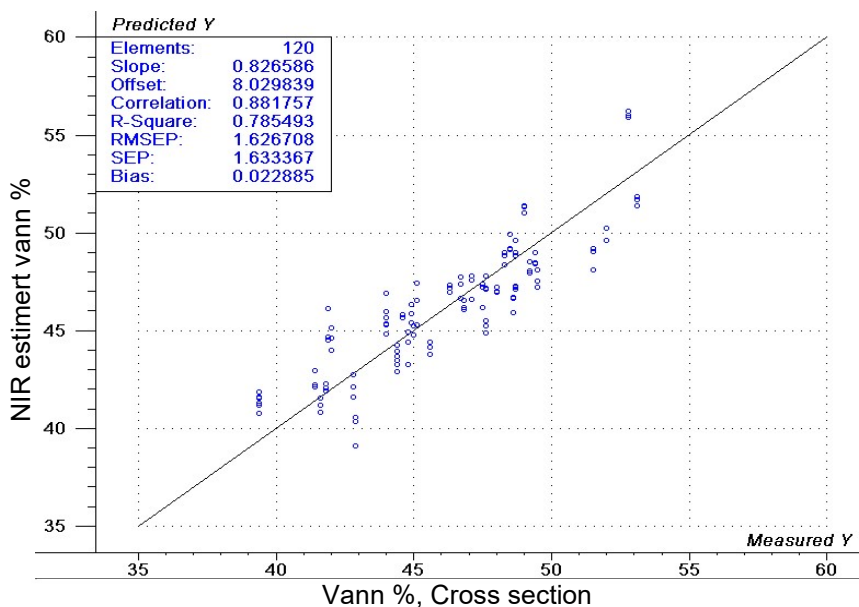
Figur 7. Kalibrering for vanninnhold basert på SmartSensor og de 40 nye prøvene.



Figur 8. Kalibrering for vanninnhold basert på det nye håndholdte instrumentet (GreenEye).

Med det nye håndholdte instrumentet får vi omtrent det samme resultatet som med SmartSensor, en prediksjonsfeil på 1.3%-poeng (Figur 8). Dette er et meget lovende resultat og indikerer at instrumentet vi har utviklet kan egne seg godt til bruk i næringa.

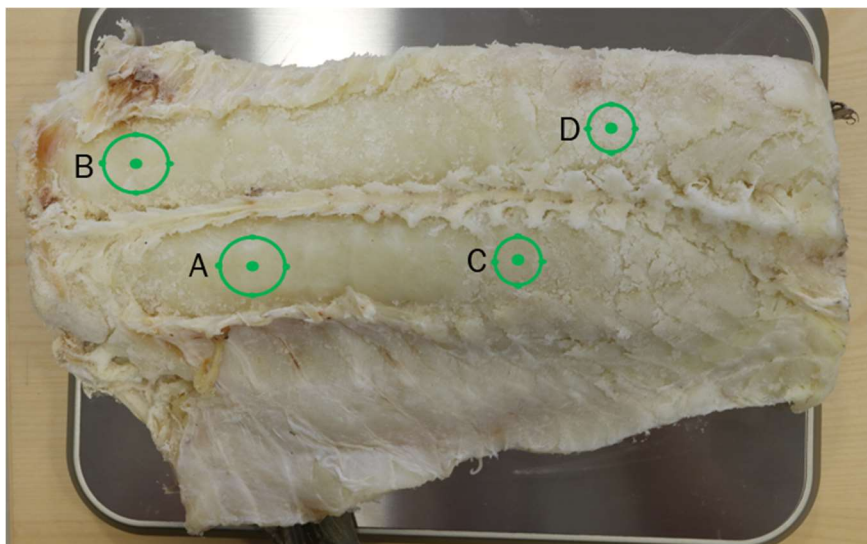
TOMRA skanneren fikk litt overraskende svakere resultater enn de to punktmålingsinstrumentene, med en prediksjonsfeil på 1.6%-poeng (Figur 9). I 2021 fikk vi en vesentlig bedre kalibrering med en prediksjonsfeil på 1.1%-poeng.



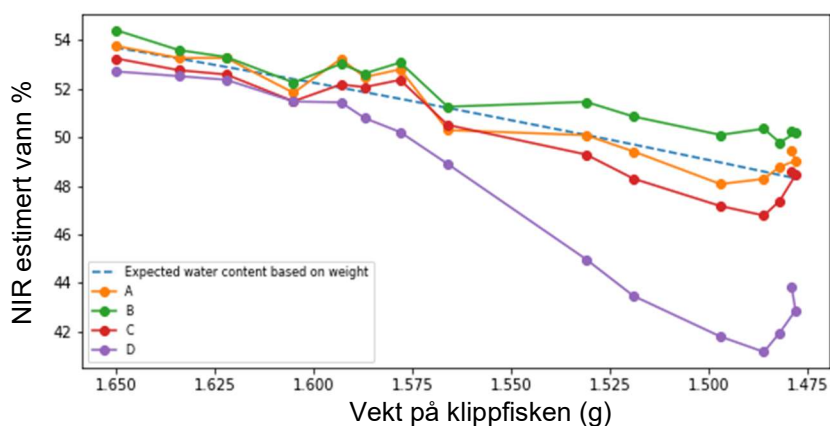
Figur 9. Kalibrering for vanninnhold basert på TOMRA Qvision500.

3.3 Punktmåleren versus skanning

Når vi bruker et håndholdt instrument er det viktig å forstå variasjonen over hele fisken siden vi måler kun punkter og ikke skanner hele fisken. Og hvor stabile er målingene i et gitt område? Vi testet forskjellige målepunkter, A – D, som vist i Figur 10. Rundt hver av disse posisjonene har vi målt 5 punkter, de grønne prikkene, for å undersøke variasjonen i estimert vann. Fisken ble målt over en periode på 2 uker for å følge variasjonen under tørking.

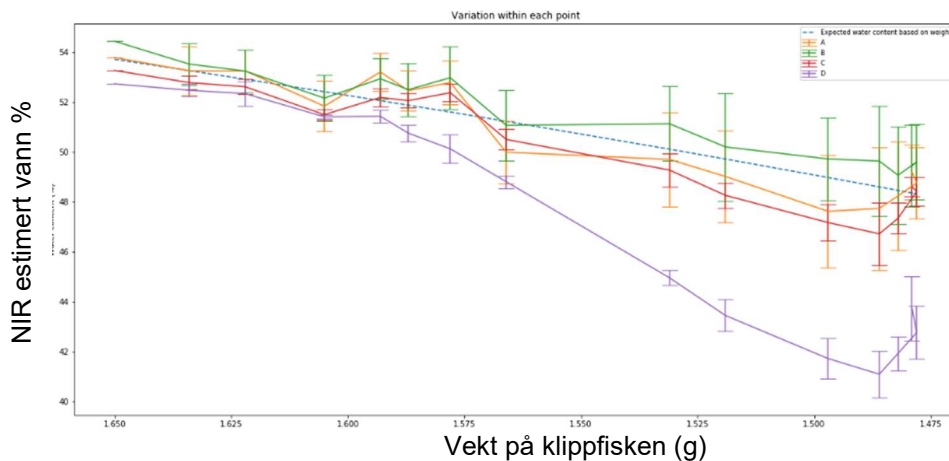


Figur 10. Testing av variasjonen på ulike posisjoner på fisken.



Figur 11. Gjennomsnitt vann innholdet på posisjonene A-D, under videre tørking (vekten minkes under tørking).

Figur 11 viser hvordan vanninnholdet avtar gradvis ved tørking. Det avtar hurtigere der hvor fisken er tynn, og dette er rimelig. Hvorfor estimert vanninnhold øker helt på slutten av tørketiden er ikke klart.



Figur 12. Variasjonen i de 5 punkter per posisjon A-D viser at målingene varierer noe rundt hver posisjon.

Figur 12 viser det samme som i Figur 10, men det er indikert hvordan estimert vanninnhold kan variere i de ulike målepunktene. Denne variasjonen kan komme av faktisk variasjon i vanninnhold, men også av fysiske variasjoner som ulike mengder salt, ujevnheter i overflata og struktur på fisken etc. Men i all hovedsak er variasjonene rundt målepunktene små, og dette indikerer at metoden vil kunne fungere godt i praksis. Vi har allerede sett i dette studiet at punktmålinger med SmartSensor fungerer bra, basert på kalibrering fra 2021.

4 Konklusjon

Resultatene viser at prototypen av et nytt håndholdt NIR-instrument ser ut til å egne seg godt til målinger av vanninnhold i klippfisk.

Instrumentet er ikke kommersielt tilgjengelig i dag, dessuten trenger det ytterligere utvikling for å kunne bli det. Vi må bygge inn og teste ut instrumentet med et mindre spektrometer. Vi vil også trenge å jobbe tett med næringa slik at utformingen blir best mulig i forhold til praktisk bruk. Vi har vist at det er noe variasjon i estimering av vann innenfor et begrenset område på fisken og dette må tas hensyn til i måten et instrument skal utformes og brukes.

En mulighet for å komme videre med utviklingen er å søke midler hos Forskningsrådet eller andre finansieringskilder. Et slikt instrument kan også finne en rekke andre bruksområder: måling av kjøttfylde i kongekrabber og taskekrabber, fettinnhold i kjøttprodukter, sukker i frukt og bær etc.

5 Referanser

Wold JP, Andersen PV, Reboredo RG. 2021. Utvikling, kalibrering og verifisering av håndholdt vannmåler for klippfisk og saltfisk. Fase 1: Evaluering av ulike teknologialternativer og anbefalinger for videre arbeid. Nofima rapport 20/2021.