



Kunnskap for en bedre verden

INSTITUTT FOR ELEKTRONISKE SYSTEMER

IELET2112 - ANVENDT INSTRUMENTERING

---

## Project 2: Colorophone challenge

---

*Forfatter:*  
Aleksander Navrud

April, 2023

---

# Innholdsfortegnelse

<b>Figurliste</b>	<b>ii</b>
<b>Tabelliste</b>	<b>iii</b>
<b>1 Sammendrag</b>	<b>1</b>
<b>2 Introduksjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Terminologier</b>	<b>1</b>
<b>4 Teori</b>	<b>2</b>
4.1 Avstandssensor . . . . .	2
4.2 IR-sensor - Sharp GP2Y0A02YK0F . . . . .	2
4.2.1 Fordeler med Sharp GP2Y0A02YK0F . . . . .	3
4.2.2 Ulemper med Sharp GP2Y0A02YK0F . . . . .	4
4.3 Ultrasonisk-Sensor - Maxbotix LV-EZ0 . . . . .	4
4.3.1 Fordeler med Maxbotix LV-EZ0 . . . . .	5
4.3.2 Ulemper med Maxbotix LV-EZ0 . . . . .	6
<b>5 Hardware</b>	<b>6</b>
5.1 Verktøy og komponenter . . . . .	6
5.2 Oppkobling . . . . .	6
<b>6 Software</b>	<b>8</b>
6.1 Graphical User Interface . . . . .	8
6.2 Brukervalg . . . . .	9
6.3 Interpolasjon . . . . .	10
6.3.1 Nearest interpolasjon . . . . .	10
6.3.2 Linear interpolasjon . . . . .	11
6.3.3 Spline interpolasjon . . . . .	11
6.3.4 Cubic Hermite interpolasjon . . . . .	12
6.3.5 Lagrange interpolasjon . . . . .	12
<b>7 Ekspimenter og Resultater</b>	<b>13</b>
7.1 Måleutstyr og måleobjekter . . . . .	13
7.2 Kalibrering . . . . .	14
7.2.1 Første kalibreringsforsøk . . . . .	14

---

7.2.2	Andre kalibreringsforsøk . . . . .	15
7.2.3	Tredje kalibreringsforsøk . . . . .	15
7.2.4	Kalibreringsdata . . . . .	16
7.2.5	Vurdering . . . . .	18
7.3	Testing av parametere . . . . .	19
7.3.1	Sensitivitet og Linearitet . . . . .	19
7.3.2	Dead-band . . . . .	19
7.3.3	Synsfelt . . . . .	19
7.3.4	Hysterese . . . . .	22
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>Tilbakemelding</b>	<b>25</b>
9.1	Hva jeg har lært . . . . .	25
9.2	Forslag til forandring . . . . .	25
<b>References</b>		<b>26</b>
<b>Vedlegg</b>		<b>27</b>
A	Målingsprogram og kalibreringsfillene . . . . .	27
B	Kalibreringsprogram . . . . .	27
C	Resultater fra synsfelttesting . . . . .	27

## Figurliste

1	Framsiden til IR-sensoren («Light emitter side» på venstre siden og «Light detector side» høyresiden . . . . .	2
2	Funksjonaliteten til IR-sensoren (triangulering) . . . . .	3
3	Bilde av ultralydsensoren . . . . .	4
4	Funksjonaliteten til Ultrasonisk-sensor der den sender og mottar lydbølgene . . . . .	5
5	Koblingskjema til IR-sensor . . . . .	7
6	Ferdigkobla krets til IR-sensor . . . . .	7
7	Koblingskjema til Ultrasonisk-sensor . . . . .	8
8	Ferdigkobla krets til Ultrasonisk-sensor . . . . .	8
9	Programmets Graphical User Interface . . . . .	9
10	Overlegg som forklarer knappene . . . . .	9
11	”Measure” delen av programmet, der signalet filtreres og du kan velge sensor . . . . .	10
12	Fil-lagringsmuligheter både i tesktfil, excel og png . . . . .	10

---

13	Nærmeste nabo-interpolasjon . . . . .	11
14	Linear interpolasjon . . . . .	11
15	Spline interpolasjon . . . . .	12
16	Cubic Hermite interpolasjon . . . . .	12
17	Lagrange interpolasjon . . . . .	13
18	Første forsøk på kalibrering . . . . .	14
19	Andre forsøk på kalibrering . . . . .	15
20	Tredje forsøk på kalibrering . . . . .	16
21	Spenningskalibrering til Sharp GP2Y0A02YK0F ifølge datablad . . . . .	17
22	Plot av Sharp GP2Y0A02YK0F kalibreringsdata . . . . .	17
23	Plot av Maxbotix LV-EZ0 kalibreringsdata . . . . .	18
24	Oppsett for måling av synsvinkel . . . . .	18
25	Plot av synsvinkel for Sharp GP2Y0A02YK0F . . . . .	20
26	Plot av synsvinkel for Sharp GP2Y0A02YK0F . . . . .	21
27	Plot av synsvinkel for Maxbotix LV-EZ0 . . . . .	21
28	Plot av synsvinkel for Maxbotix LV-EZ0 . . . . .	22
29	Sharp GP2Y0A02YK0F hysteresetest hånd . . . . .	23
30	Maxbotix LV-EZ0 hysteresetest hånd . . . . .	23
31	Sharp GP2Y0A02YK0F hysteresetest løping . . . . .	24
32	Maxbotix LV-EZ0 hysteresetest løping . . . . .	24

## Tabelliste

1	Kalibrering av sensorene i cm og volt . . . . .	16
---	---	----

---

# 1 Sammendrag

Gjennom dette prosjeket ble ulike parametere eksperimentert og testet for Sharp GP2Y0A02YK0F og Maxbotix LV-EZ0, med mål om å bestemme hvilken sensor som var best egnet for bruk i et Colorophone-system. Videre ble et eksisterende LabVIEW-program utvidet med ønskede funksjoner, inkludert fil-lagring av forskjellige typer og filtrering av signal. Resultatene av eksperimenter indikerer at Maxbotix LV-EZ0 er den mest passende sensoren for et Colorophone-system på grunn av dens lange rekkevidde, brede synsfelt og lineære respons.

## 2 Introduksjon

Dette prosjektet har som formål å undersøke og sammenligne to avstandssensorer, en IR-sensor og en ultralydsensor, for å bestemme den mest optimale sensoren for bruk i Colorophone-systemet. Colorophone er et sensorisk substitusjonsanordning utviklet ved NTNU, som gir blinde mennesker muligheten til å oppfatte avstand og farger gjennom lyd. Dette hjelpemiddlet er spesielt nyttig for synshemmede personer som kan ha utfordringer med å navigere i omgivelsene og har begrenset tilgang til hjelpemidler. For å forbedre ytelsen til Colorophone-systemet, er det avgjørende å finne den mest egnede avstandssensoren. Dette prosjektet vil omfatte en grundig vurdering og sammenligning av IR-sensoren og ultralydsensoren for å avgjøre hvilken sensor som gir den mest optimale ytelsen for Colorophone.

## 3 Terminologier

<b>Colorophone</b>	Teknologi som gir blinde mennesker muligheten til å oppfatte avstand og farger gjennom lyd.
<b>IR-sensor</b>	Infrared Sensor, er en avstandssensor som bruker infrarøde signaler til å måle avstanden til et objekt.
<b>Ultrasonisk-sensor</b>	Ultralydsensor, er en avstandssensor som sender ut ultralydbølger for å måle avstanden til et objekt ved å registrere refleksjonen av bølgene.
<b>GUI</b>	Graphical User Interface, er den visuelle delen av en datamaskinapplikasjon som lar brukeren interagere med systemet ved hjelp av grafiske elementer.
<b>myDaq</b>	Type dataloggingsenhett som brukes til å samle inn og analysere data fra ulike sensorer og kilder.
<b>Sensitivitet</b>	Evnen til å oppdage eller måle små endringer i en fysisk eller kjemisk egenskap ved et materiale eller en substans
<b>Dørbånd</b>	Området der en sensor ikke responserer på endringer eller signaler på grunn av begrenset følsomhet.
<b>Linearitet</b>	Beskriver i hvor stor grad en sensors utgangssignal endrer seg proporsjonalt med endringer i den målte størrelsen, og en lineær sensor vil gi et jevnt og proporsjonalt utgangssignal i samsvar med størrelsen som måles.
<b>Hysteresis</b>	Refererer til forskjellen i målinger som oppstår når en størrelse øker og når den reduseres.
<b>Rekkevidde</b>	Området av en fysisk størrelse som sensoren kan måle eller oppdage nøyaktig.
<b>Responstid</b>	Refererer til tiden det tar for en sensor å reagere på endringer i den målte størrelsen og produsere et tilsvarende utgangssignal.
<b>Presisjon</b>	Refererer til graden av gjentagbarhet og konsistens i målingene som produseres av sensoren.

---

## 4 Teori

### 4.1 Avstandssensor

En avstandssensor er en type sensor som benyttes til å måle avstanden mellom sensoren og et målobjekt. I dag brukes avstandssensorer stadig mer i en rekke applikasjoner, droner, inkludert selvkjørende biler, robotikk, automatisering og sikkerhetssystemer. Med avstandssensorer kan systemene utføre oppgaver på en mer nøyaktig og effektiv måte, samtidig som de kan redusere risikoen for ulykker og forbedre sikkerheten.

Avstandssensorer har forskjellige bruksområder og formål. Dette fører til at det benyttes forskjellige teknologier for å måle avstand avhengig av formålet og miljøet. Noen eksempler på disse sensorene er ultralyd, infrarød stråling, lasersensorer (LiDAR) og LED Time-Of-Flight distanse sensor. Sensorer som bruker ultralyd sender ut en ultralydbølge og mäter tiden det tar for bølgen å reflektere tilbake til sensoren. Infrarøde sensorer sender ut infrarødt lys og mäter tiden det tar for lyset å reflektere tilbake. Lasersensorer sender ut en laserstråle og mäter tiden det tar for strålen å reflektere tilbake. LED Time-Of-Flight distanse sensorer sender ut en kort lypuls og mäter tiden det tar for lyset å reflekteres tilbake (Shawn 2023).

En avstandssensor kan påvirkes av flere faktorer som kan redusere ytelsen og nøyaktigheten til sensoren. Ytre påvirkninger, som sollys eller annen støy, kan skape interferens som kan føre til feilaktige avlesninger fra sensoren. Det er derfor viktig å plassere avstandssensoren i et miljø som ikke påvirkes av slike forstyrrelser. I tillegg kan egenskapene til målobjektet som sensoren mäter avstanden til også påvirke responsen til sensoren. Størrelsen på objektet kan påvirke refleksjonen av sensorens signaler, og dermed påvirke måleresultatene. Objektets orientering i forhold til sensoren kan også påvirke avlesningene, spesielt hvis objektet er vinklet eller beveger seg raskt. Objektets farge, refleksjonsevne, gjennomsiktighet og tekstur kan også påvirke sensorens evne til å måle avstanden nøyaktig (*Distance Sensors: The Basics* 2023).

### 4.2 IR-sensor - Sharp GP2Y0A02YK0F

Sharp GP2Y0A02YK0F er en nærbettsensor med lang rekkevidde som benytter infrarødt lys for å måle avstanden til objekter. Denne sensoren fungerer ved å sende ut en pulserende lysstråle («Light emitter side») mot et objekt og deretter måle den reflekterte lysstrålen ved hjelp av en fotodiode («Light detector side») (Figure: 1).



Figure 1: Framsiden til IR-sensoren («Light emitter side» på venstre siden og «Light detector side» høyresiden)

Når posisjonen til et objekt endres, vil det føre til en endring i vinkelen på den reflekterte strålen, og dette vil igjen påvirke posisjonen til punktet som strålen treffer på fotodioden (Figure: 2). Grunnet miljøfaktorer vil det oppstå tap av reflektert lys, og som et resultat av dette vil det infrarøde lyset kun reflekteres tilbake til fotodioden på sensoren i en brøkdel av hva som ble pulsert ut. Fotodioden bruker forskjellen mellom det pulserte og det reflekterte lyset til å bestemme avstanden til objektet. Det er vanligvis begrensninger på infrarøde sensorer på grunn av støy fra andre lyskilder og refleksjonsgraden til målobjektet. For å redusere påvirkningen av slike faktorer har Sharp implementert triangulering for å gjøre sensoren mindre mottakelig for interferens (*Measuring*

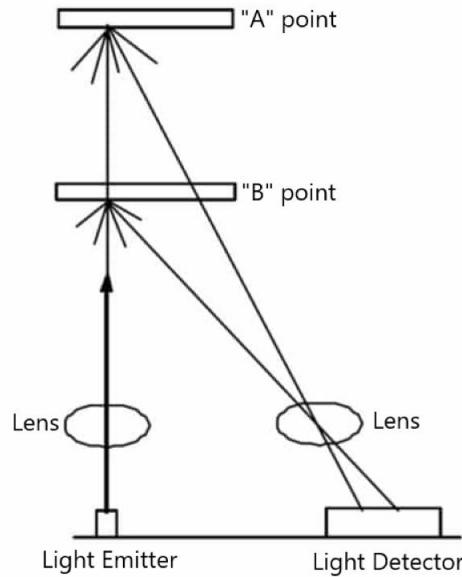


Figure 2: Funksjonaliteten til IR-sensoren (triangulering)

Sensoren har en høy nøyaktighet og kan måle avstander fra 20 til 150 centimeter (*GP2Y0A02YK0F* 2023) og har en oppgitt nøyaktighet på  $\pm 1\%$  cm, noe som gjør den egnet til presisjonsapplikasjoner (*Distance Sensor Comparison Guide* 2023). For å forbedre ytelsen og øke nøyaktigheten i avstandsregistreringen til sensoren, har sensoren et innebygd signalbehandlingskrets. Kretsen hjelper sensoren med å filtrere ut uønsket støy og forstyrrelser, samtidig som den forsterker de relevante signalene som indikerer avstanden mellom sensoren og det objektet den registrerer. Sensoren er også utstyrt med et begrenset retningsbestemt strålemønster som gjør den spesielt nyttig til å oppdage små og fjenre objekter med stor nøyaktighet (*GP2Y0A02YK0F* 2023). På denne måten kan sensoren gi pålitelige og nøyaktige avlesninger, selv i ugunstige eller støyende omgivelser.

#### 4.2.1 Fordeler med Sharp GP2Y0A02YK0F

- Presis avstandsmåling: IR-sensoren bruker infrarød stråling til å måle avstanden til et objekt med høy presisjon. Sensoren kan måle avstander fra 20 til 150 cm med en nøyaktighet på opptil  $\pm 1\%$  (*GP2Y0A02YK0F* 2023). Dette gjør sensoren ideell for applikasjoner som krever presis avstandsmåling, for eksempel roboter, avstandsmålere, bilnavigasjonssystemer og automatiserte kiosker.
- God stabilitet: Sensoren er stabil og pålitelig, og gir konsekvente avstandsmålinger selv under forskjellige lysforhold eller med forskjellige objektfarger. Dette gjør sensoren ideell for applikasjoner som krever pålitelige avstandsmålinger (pulkitagarwal03pulkit 2023).
- Rask responstid: Sensoren har en rask responstid på  $38.3 \pm 9.6$  ms (*GP2Y0A02YK0F* 2023). Dette gjør at sensoren kan oppdage objekter i bevegelse og gi rask respons, noe som er spesielt viktig i applikasjoner som krever hastighet og nøyaktighet.
- Lavt strømforbruk: Sensoren bruker lite strøm, og er derfor ideell for batteridrevne enheter eller applikasjoner der strømforbruket er begrenset. Strømforbruket er 33 mA ved 4.5 til 5.5 V (*GP2Y0A02YK0F* 2023).
- Myke objekter: Sensoren kan måle avstand til myke objekter som kanskje ikke er lett oppdaget av ultralyd (pulkitagarwal03pulkit 2023).

---

#### 4.2.2 Ulemper med Sharp GP2Y0A02YK0F

- Begrenset avstandsmålingsområde: Sensoren har en begrenset avstandsmålingsområde fra 20 til 150 cm (*GP2Y0A02YK0F* 2023). Dette betyr at den ikke er egnet for applikasjoner som krever måling av lengre avstander eller kortere avstander.
- Følsomhet for andre IR-kilder: Sensoren bruker infrarød stråling for å måle avstand, men kan være følsom for andre infrarøde kilder som sollys, elektrisk utstyr, og andre varmekilder (*pulkitagarwal03pulkit* 2023). Dette kan føre til unøyaktige avstandsmålinger og økt feilmargin.
- Refleksjonsavhengighet: Sensoren som brukes til å måle avstand er avhengig av at infrarødt lys reflekteres tilbake fra objektet for å kunne måle avstanden nøyaktig. Dette betyr at hvis et objekt har en dårlig reflekterende overflate for infrarødt lys, for eksempel mørke eller svarte overflater, kan sensoren ha problemer med å måle avstanden til objektet.
- Ikke-lineær: Sensoren har en sensitivitet som ikke er lineær, og dette betyr at den kan reagere annerledes på forskjellige avstander. Når avstanden til objektet øker, vil sensitiviteten til sensoren drastisk reduseres (*GP2Y0A02YK0F* 2023). Dette betyr at det vil være vanskeligere for sensoren å registrere små forskjeller i avstanden når objektet befinner seg langt unna. Det kan også føre til at målingen blir mindre nøyaktige når objektet befinner seg på en større avstand fra sensoren.
- Ikke egnet for røffe miljøer: Sensoren er ikke spesielt robust og kan være utsatt for skade i røffe miljøer som støv, røyk, rein, tåke osv (*pulkitagarwal03pulkit* 2023). Dette kan begrense bruksområdet for sensoren og kreve beskyttelse eller ekstra omsorg.

### 4.3 Ultrasonisk-Sensor - Maxbotix LV-EZ0

Maxbotix LV-EZ0 er en type ultralyd-sensor som bruker ultralydbølger til å måle avstanden til objekter. Sensoren sender ut en serie av ultralydpulser fra en omformer, som reflekteres tilbake fra objektet og oppfanges av sensoren. Ved å analysere informasjonen som samles inn fra disse ultralydpulsene, kan sensoren gi en nøyaktig avlesning av objektets avstand.



Figure 3: Bilde av ultralydsensoren

Ultralyd-sensorer kan måle avstander fra 15 cm opptil 6,45 m med en oppgitt nøyaktighet på  $\pm 1\%$  (*HRLV-MaxSonar-EZ Datasheet* 2023), noe som gjør dem egnet for applikasjoner der nøyaktige målinger er nødvendig. Denne sensoren fungerer ved å sende ut lydbølger med høy frekvens som menneskelige ører ikke kan oppfatte. Sensoren består av en omformer som konverterer elektrisk energi til lydbølger. Sensoren sender ut en serie av lydbølger i en bestemt retning, og disse bølgene beveger seg gjennom luften til de treffer et objekt. Når lydbølgene treffer et objekt, reflekteres de tilbake til sensoren. Omformeren oppdager de reflekterte lydbølgene og konverterer de tilbake til elektriske signaler (Figure: 4). Tiden det tar for lydbølgene å returnere til sensoren, måles og brukes til å beregne avstanden mellom sensoren og objektet (*How Ultrasonic Sensors Work* 2023).

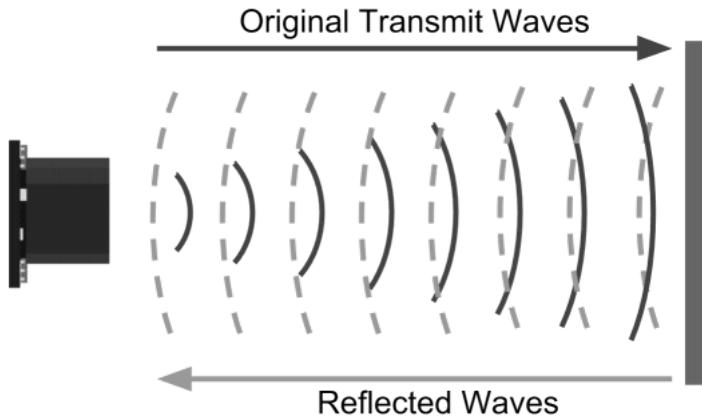


Figure 4: Funksjonaliteten til Ultrasonisk-sensor der den sender og mottar lydbølgene

Ultralyd-sensoren er designet for å være robust og tåle harde miljøer, med en IP67-klassifisering som gir beskyttelse mot støv, røyk, fuktighet og høye temperaturer (*HRLV-MaxSonar-EZ Datasheet* 2023). Denne egenskapen gjør at sensoren er egnert for bruk i fabrikker og utendørs applikasjoner. En av de viktigste fordelene med denne sensoren er dens evne til å detektere objekter uavhengig av egenskapene deres, som farge, overflate og materiale. Dette gjør sensoren til en pålitelig løsning for å oppdage gjennomsiktige og andre gjenstander der optiske teknologier kan mislykkes.

Det er imidlertid verdt å merke seg at sensoren kan påvirkes av reflekterende overflater og lydabsorberende materialer. I tillegg har sensoren også begrenset evne til å reflektere ultralydbølger når de sendes inn i myke materialer som ull (*How Ultrasonic Sensors Work* 2023). Dette skyldes at myke materialer har en tendens til å absorbere ultralydbølger istedenfor å reflektere dem, noe som kan føre til unøyaktige målinger og begrense påliteligheten til enheten.

#### 4.3.1 Fordeler med Maxbotix LV-EZ0

- Høy presisjon: Maxbotix LV-EZ0 gir en høy nøyaktighet når det kommer til avstandsmåling. Sensoren kan måle avstander fra 20 cm opptil 6,45 m med en oppgitt nøyaktighet på  $\pm 1\%$  (*HRLV-MaxSonar-EZ Datasheet* 2023). Dette gjør sensoren pålitelig og nøyaktig avstandsmåler som kan være nyttig i en rekke forskjellige applikasjoner. Enten det brukes til robotikk, automatisering, overvåking.
- Lavt strømforbruk: Sensoren har et lavt strømforbruk, og trekker bare 2.5 mA ved 3.3 V og 3.1 mA ved 5 V (*HRLV-MaxSonar-EZ Datasheet* 2023). Dette gjør det ideelt for batteridrevne applikasjoner.
- Robust: Sensoren er konstruert for å være svært robust og tåle tøffe miljøer. Den har en IP67-klassifisering (*HRLV-MaxSonar-EZ Datasheet* 2023), som betyr at den er beskyttet mot støv, røyk og fuktighet. Dette betyr at sensoren kan fungere i krevende miljøer som for eksempel fabrikker eller utendørs applikasjoner (*IR Sensor vs. Ultrasonic Sensor: What is the difference?* 2023).
- Pålitelig: Sensoren er i stand til å detektere objekter uavhengig av egenskapene deres som farge, overflate og materiale (unntatt myke materiale) (*How Ultrasonic Sensors Work* 2023) (*IR Sensor vs. Ultrasonic Sensor: What is the difference?* 2023). For å og andre gjenstander der optiske teknologier kan mislykkes, er ultralydsensorer et pålitelig valg.
- Lav kostnad: Maxbotix LV-EZ0 er en av de mest kostnadseffektive ultrasoniske sensorene på markedet, som gjør den til et attraktivt alternativ for applikasjoner der kostnadene er en viktig faktor (*MB1000-000* 2023).

---

#### 4.3.2 Ulemper med Maxbotix LV-EZ0

- Påvirkning av materialer: Maxbotix LV-EZ0 kan påvirkes av omgivelsene der den benyttes. For eksempel kan reflekterende overflater og lydabsorberende materialer påvirke avstandsmålingene. Sensoren har også begrenset evne til å reflektere ultralydbølger når de sendes inn i myke materialer som ull (*How Ultrasonic Sensors Work* 2023).
- Påvirkning av temperatur: Sensoren kan også være følsom for endringer i temperatur. Dette kan påvirke hastigheten til ultralydsignalet og føre til unøyaktige målinger (*IR Sensor vs. Ultrasonic Sensor: What is the difference?* 2023).
- Målingen i en retning: Sensoren har begrenset evne til å oppdage objekter og kan kun detektere objekter som befinner seg rett foran sensoren. Dersom et objekt befinner seg i en annen retning enn det sensoren peker, vil ikke ultralydbølgene treffe objektet og sensoren vil ikke være i stand til å oppdage det. Hvis det er behov for å oppdage objekter i forskjellige retninger, kan det være nødvendig med flere sensorer (*How Ultrasonic Sensors Work* 2023).
- Begrenset evne: Sensoren har kun evnen til å gi avlesninger av avstanden til et objekt og er ikke i stand til å gi informasjon om objektets størrelse, form eller fart.
- Dyrbar: Maxbotix LV-EZ0 koster omrent 360 kr (*MB1000-000* 2023), mens Sharp GP2Y0A02YK0F koster 197 kr (*GP2Y0A02YK0F* 2023), hvilket betyr at MB1000 har en pris som er nesten dobbelt så høy.

## 5 Hardware

### 5.1 Verktøy og komponenter

#### 1. Verktøy

- Datamaskin m7 Labview
- myDAQ
- Utvidelseskort med Breadboard
- USB Kabel

#### 2. Komponenter

- 1 stk Sharp GP2Y0A02YK0F
- 1 stk LV-MaxSonar-EZ0
- 6 stk Jumper kabler

### 5.2 Oppkobling

Systemet ble koblet opp på en strukturert og oversiktlig måte for å minimere potensielle feil. Under eksperimentet ble det bestemt at sensorene skulle kobles opp separat, da det oppsto interferens mellom dem når de delte strømforsyning. For å unngå denne interferensen kunne strømforsyningen stabiliseres, en støyfjerningskrets kunne benyttes, eller sensorene kunne isoleres elektronisk. Det ble også bestemt at det ikke skulle benyttes en kondensator mellom Vcc og GND under oppkoblingen av Sharp-sensoren, da målingene skulle være upåvirket av andre elementer.

1. Datamaskin med LabView installert.
2. myDAQ og et utvidelseskort. Utvidelseskortet muliggjør bruk av både de analoge og digitale inngangs- og utgangspinnene, samt strømforsyningen på myDAQen. For å koble opp kretsen er det montert et breadboard på utvidelseskortet.

- 
3. IR-sensor - Sharp GP2Y0A02YK0F eller Ultrasonisk-sensor - Maxbotix LV-EZ0. Trekk jumper kabler til koblingspunktene som er avbildet i (Figure: 5) for Sharp GP2Y0A02YK0F og (Figure: 7) for Maxbotix LV-EZ0.

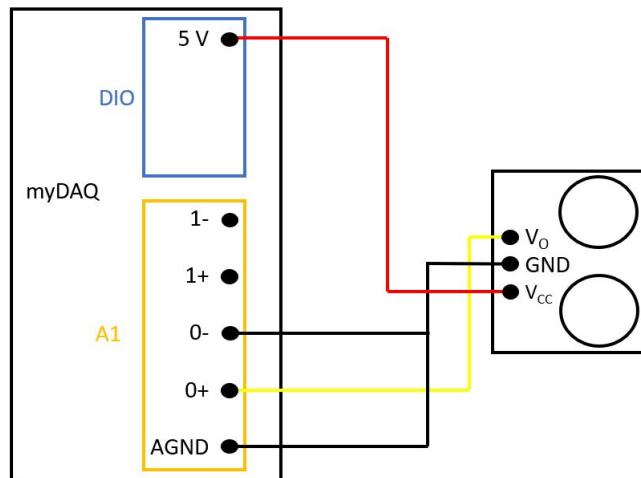


Figure 5: Koblingskjema til IR-sensor

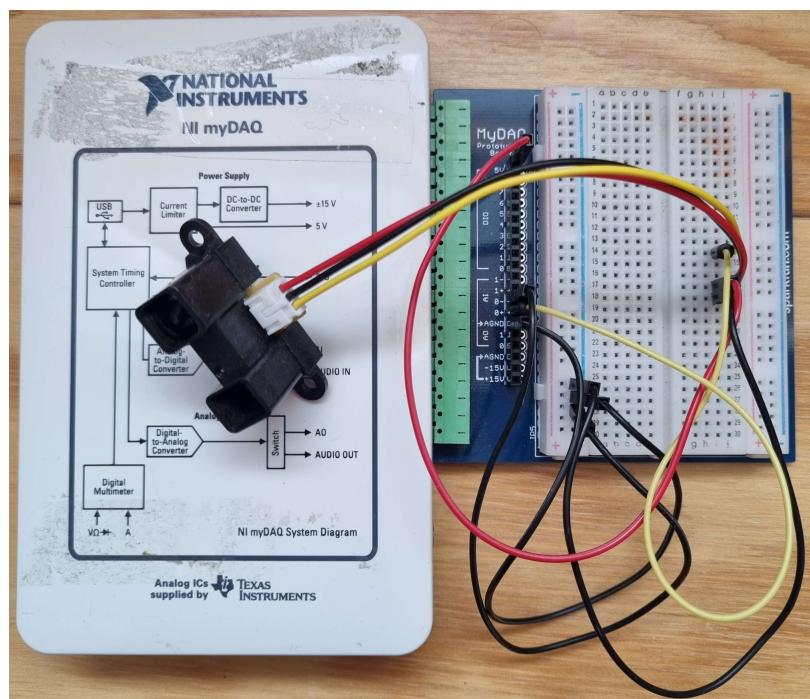


Figure 6: Ferdigkobla krets til IR-sensor

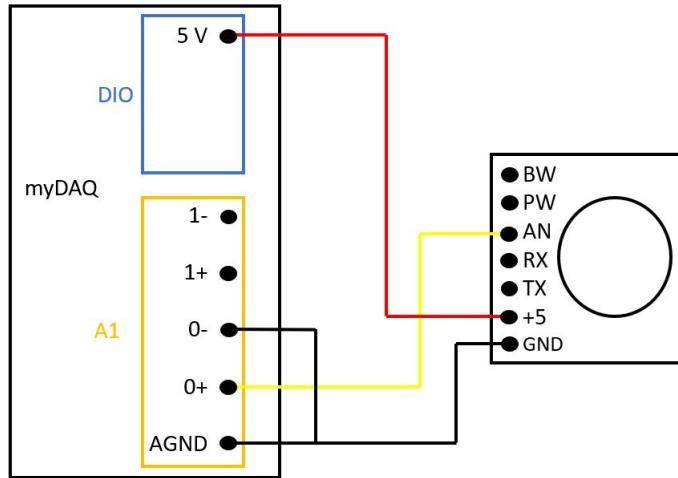


Figure 7: Koblingskjema til Ultrasonisk-sensor

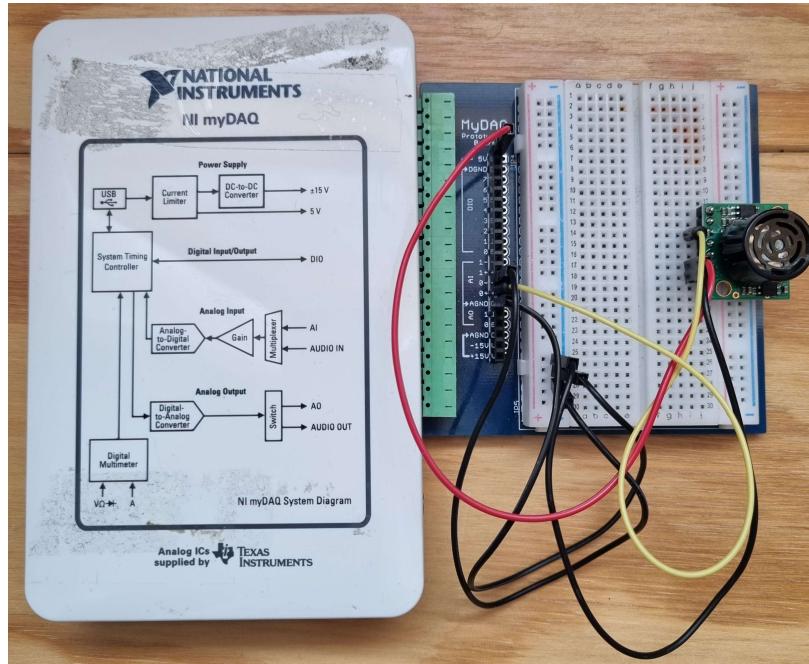


Figure 8: Ferdigkobla krets til Ultrasonisk-sensor

## 6 Software

I rapportens software-del har programmet som vises nedenfor, blitt utviklet videre fra et eksisterende LabVIEW-program, som opprinnelig ble designet av HiST i Trondheim. Den videreutviklingen av programvaren inkluderte tillegg av viktige funksjoner, slik som filformatlagring i både TXT og Excel, samt andre tilleggsfunksjoner. Disse funksjonene vil bli beskrevet i detalj i denne delen av rapporten.

### 6.1 Graphical User Interface

Programvarens grafiske brukergrensesnitt (GUI) har gjennomgått oppdateringer for å forbedre brukervennligheten. Grafen har blitt forstørret og knappene er omorganisert for å optimalisere

arbeidsflyten. Knappene på toppen av skjermen brukes til å velge sensor, kalibrere, velge interpolasjon, måle, lagre og stoppe programmet. Under grafen finner man en alarm som lyses opp når et objekt befinner seg nærmere enn 25 cm og en bar som viser avstanden, og til høyre for baren vises avstanden i centimeter og spenningen i volt (Figure: 9). I tillegg har det blitt lagt til overlegg på hver knapp som forklarer funksjonen til knappen. Dette aktiveres ved å føre muspekeren over knappen (Figure: 10).

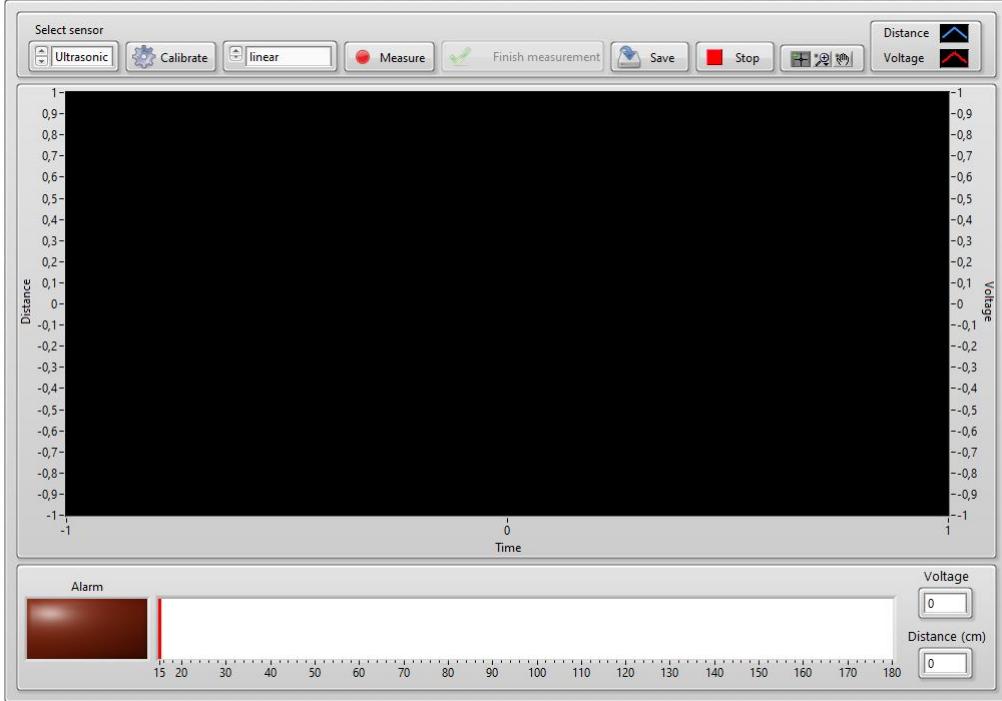


Figure 9: Programmets Graphical User Interface

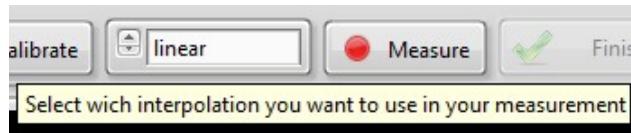


Figure 10: Overlegg som forklarer knappene

GUI-en er spesielt tilpasset bruk på en iPad fordi Colorophone-systemet vil bli testet og utviklet i laboratorier eller lignende miljøer. iPader er bærbar og kan enkelt tas med seg rundt i laboratoriet, noe som gjør det praktisk å ta med seg testresultater og andre data, samt gjøre viktige observasjoner på stedet. I tillegg har iPad en touch-skjerm, noe som gjør det enklere å navigere i GUI-en. Dette kan være spesielt nyttig i laboratorier, der det kan være vanskelig å bruke mus og tastatur når man har på seg hanske eller når man jobber med små og delikate objekter.

## 6.2 Brukervalg

En av de ekstra funksjonene som ble implementert gir brukeren mulighet til å velge hvilken sensor som skal brukes til måling. Formålet var å gjøre det mulig å koble begge sensorene til en testrigg og bruke myDAQs to uavhengige ADC-innganger for å lese av data fra hver sensor individuelt. Denne funksjonen reduserer tiden som brukes på tilkobling av ulike sensorer og gir brukeren mer effektivitet når man utfører flere eksperimenter. Det er også lagt til et filter som jevner ut grafen når målingene utføres (Figure: 11).

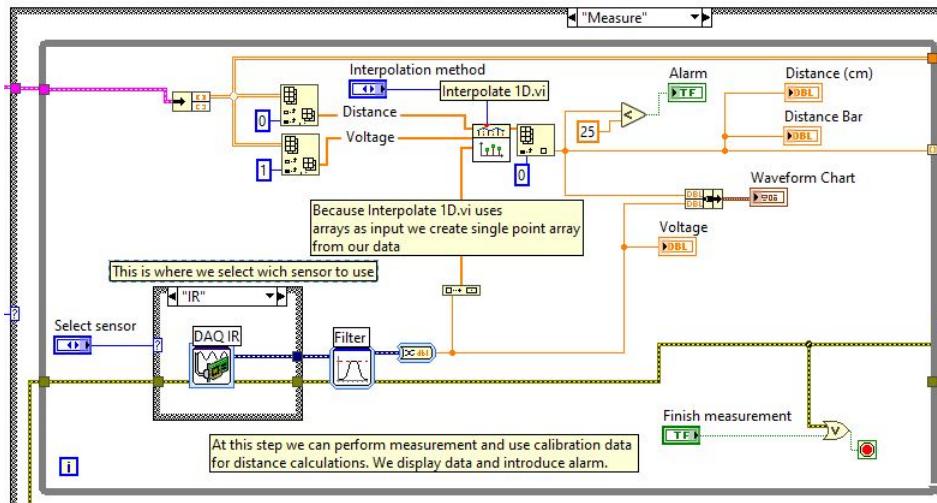


Figure 11: "Measure" delen av programmet, der signalet filtreres og du kan velge sensor

Programmet har også implementert fil-lagringsmuligheter for å lagre data i både tekstfilformat (.TXT) og Excel-filformat (.xlsx), i tillegg til skjermbilde av grafen (.PNG) (Figure: 12). Etter at brukeren har fullført målingen, må vedkommende trykke på "Finish measurement", og deretter på "Save" for å lagre dataene. Deretter åpnes et vindu der brukeren kan velge hvor tekstfilen skal lagres, etterfulgt av et annet vindu for å lagre skjermbildet av grafen. Excel-filen blir laget automatisk, slik at brukeren bare trenger å lagre filen. Etter at brukeren har lagret filene etter behov, kan vedkommende gå tilbake til programmet og avslutte det for å starte en ny måling.

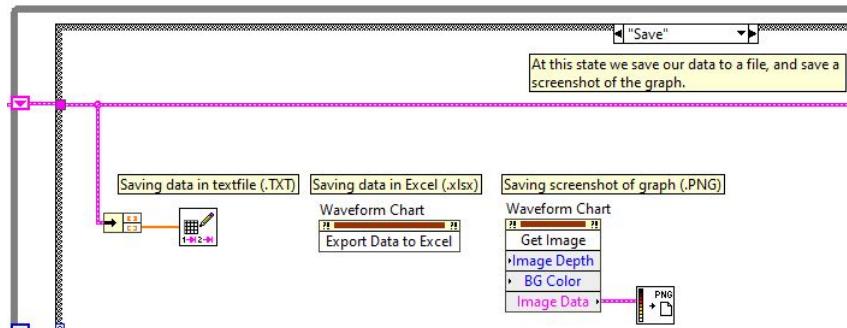


Figure 12: Fil-lagringsmuligheter både i tesktfil, excel og png

### 6.3 Interpolasjon

Interpolasjon er en matematisk teknikk som brukes til å finne verdier mellom to eksisterende datapunkter eller verdier. Det innebærer å bruke informasjonen fra de eksisterende datapunktene til å beregne en verdi for et punkt som ligger mellom dem (Interpolasjon 2023).

#### 6.3.1 Nearest interpolasjon

Nærmeste nabo-interpolasjon er en enkel og rask metode som fungerer ved å finne det nærmeste eksisterende datapunktet til det ønskede punktet, og deretter estimere verdien ved å bruke verdien på det nærmeste datapunktet (Figure: 13).

Selv om nærmeste interpolasjon har visse fordeler, som enkel implementering og bevaring av plutselige endringer i kurven eller datasettet, har den også noen ulemper. Den kan gi en grov estimering hvis datapunktene i nærheten av det ønskede punktet er langt fra det ønskede punktet. I tillegg

kan den skape visuelle artefakter når et bilde forstørres eller nedskaleres, da det kan resultere i tap av detaljer og skarphet. Det kan hende den ikke gir visuelt tiltalende resultater i tilfeller der pikselverdiene ikke er jevnt fordelt i bildet. I forhold til Colorphone-systemet kan det diskuteres hvor brukbar denne metoden er i forhold til andre interpolasjoner (*Nearest-neighbor interpolation* 2023).

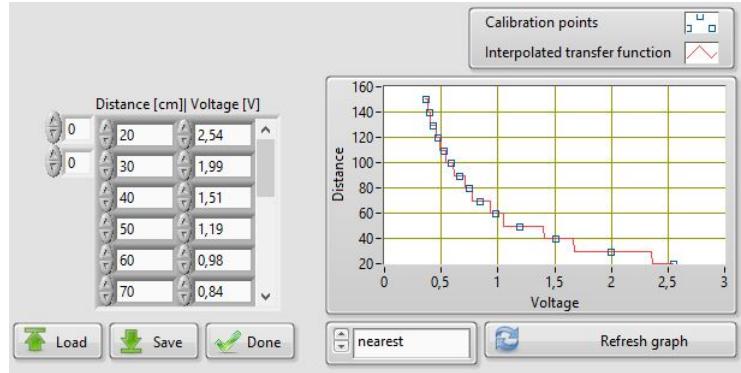


Figure 13: Nærmeste nabo-interpolasjon

### 6.3.2 Linear interpolasjon

Lineær interpolasjon er en metode for å anslå en ukjent verdi basert på to kjente verdier som befinner seg på hver sin side av den ukjente verdien. Metoden forutsetter at verdien mellom de to kjente verdiene øker eller minker lineært, og bruker denne forutsetningen til å anslå den ukjente verdien (*Lineær interpolasjon* 2023).

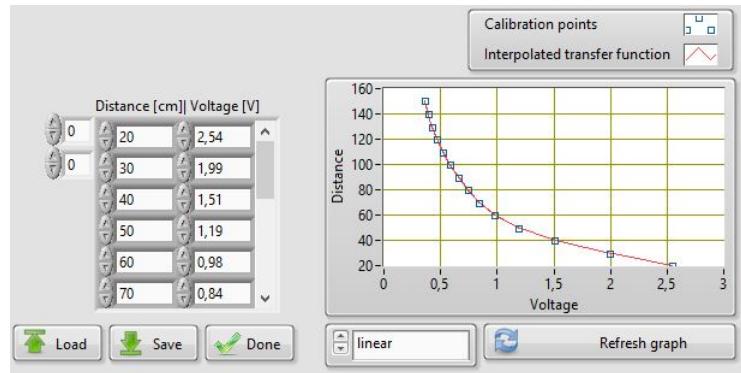


Figure 14: Linear interpolasjon

Basert på den informasjonen som er gitt i seksjonen «Ulempor med Sharp GP2Y0A02YK0F» (Seksjon: 4.2.2) er det opplyst at IR-sensoren er ikke-lineær. På grunn av dette kan det være mer hensiktsmessig å unngå lineær interpolasjon og heller bruke en annen form for interpolasjon.

### 6.3.3 Spline interpolasjon

Spline interpolasjon er en metode for å interpolere eller tilnærme en funksjon ved hjelp av et sett med polynomfunksjoner, som kalles spliner. Splinene er konstruert slik at de passer gjennom alle gitt datapunkter og har kontinuerlige derivater opp til en bestemt grad på overgangspunktene mellom splinene (*Polynominterpolasjon* 2023). I forhold til IR-sensoren som er ikke-lineær vil denne interpolasjonen passe bedre.

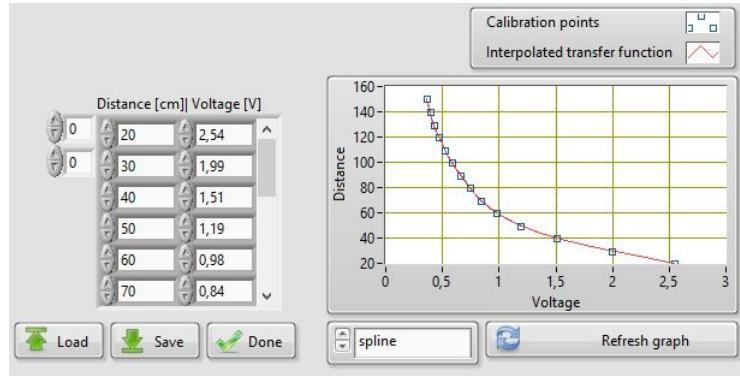


Figure 15: Spline interpolasjon

#### 6.3.4 Cubic Hermite interpolasjon

Cubic Hermite-interpolasjon er en metode som benyttes til å interpolere eller tilnærme en funksjon ved hjelp av gitt punkter og derivater av funksjonen i disse punktene. Metoden bruker kubiske polynomer som passerer gjennom hvert punkt og har en spesifikk stigning (derivert) i disse punktene. For å utføre denne interpolasjonen, må man kjenne funksjonsverdiene og deres respektive derivater (stigningstall) i de gitte punktene. Cubic Hermite-interpolasjon gir en glatt kurve mellom punktene, og følger kurvene i nærheten av punktene (*Cubic Hermite spline 2023*). Cubic Hermite interpolasjon er en variant av Spline interpolasjon.

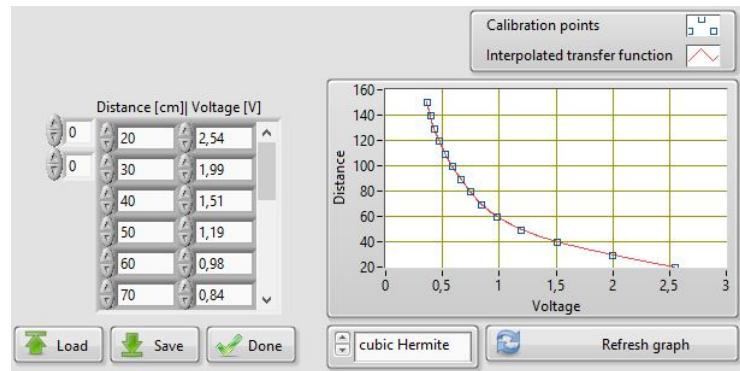


Figure 16: Cubic Hermite interpolasjon

#### 6.3.5 Lagrange interpolasjon

Lagrange interpolasjon er en metode innen matematikk som benyttes for å finne en polynomfunksjon som passer gjennom en gitt mengde datapunkter. Metoden innebærer å konstruere en polynomfunksjon som går gjennom alle datapunktene og som ikke inneholder noen eksponent større enn det totale antallet datapunkter minus én. Som et resultat får man en unik polynomfunksjon som kan benyttes til å interpolere verdier mellom de gitte datapunktene (*Lagrange polynomial 2023*). Grafen under viser tydelig at denne interpolasjonsmetoden ikke fungerer bra i denne sammenhengen (Figure: 17).

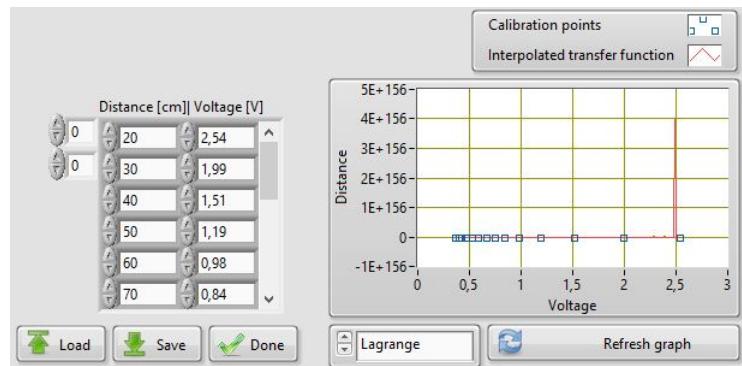


Figure 17: Lagrange interpolasjon

## 7 Eksperimenter og Resultater

Prosjekt ble utført i samarbeid med Anders Johsen. Hans deltagelse bidro til å redusere mulige feilkilder i eksperimentet siden det var to personer til stede som kunne kontrollere målingene som ble gjennomført. Som et resultat av dette samarbeidet, kan det forekomme like resultater og bilder i rapportene.

Formålet med eksperimentene er å evaluere en rekke parametere for begge sensorene. Målet er å undersøke fordeler og ulemper ved hver sensor og deretter bestemme hvilken av dem som vil være best egnet for bruk i Colorophone-systemet. Følgende parametere er:

- Sensitivitet
- Dørbånd
- Ikke-linearitet
- Hysteresis
- Søkeområde (transversal rekkevidde)
- Respons under forskjellige lysforhold
- Respons til forskjellige hindringer

### 7.1 Måleutstyr og måleobjekter

#### 1. Måleutstyr

- El-teip
- Målebånd

#### 2. Måleobjekter

- Lue (svart)
- CD Plate cover (hardplast, skinnende klar plast, m/ papir inlay under)
- Laken (hvit)
- Komponentkoffert i hard plast (sort)
- Ark (hvit)
- Pute (Lilla)
- T-skjorte (sort)
- Skapdør (hvit tre malt)

---

## 7.2 Kalibrering

For å starte eksperimentene med ultrasonisk-sensoren og IR-sensoren, var det nødvendig å utføre kalibrering av sensorene. Dette ble gjort ved hjelp av et enkelt program som var designet for å måle spenningen ved ulike avstander (Vedlegg: B). Når det gjelder testområdet for kalibrering og målinger, var det viktig å ha tilgang til et testområde som var stort nok og hadde tilstrekkelig utstyr for både kalibrering og målinger av sensoren. Det valgte testlokalet var utstyrt med persiener og blendingsgardiner for å justere rombelysningen under eksperimentene, og det var tilstrekkelig stort til å teste avstanden som var spesifisert i databladet. Imidlertid var det ikke mulig å teste sensorens maksimale avstand på 6,45 m, og derfor ble målingene avsluttet på 180 cm, som var den første kalibreringsverdien som ble funnet.

For å sikre nøyaktighet og redusere målefeil ble det vurdert ulike metoder for å kalibrere sensoren. Det er viktig å få pålitelige og reproduksjonbare resultater når man utfører eksperimenter og målinger. For å oppnå dette, ble ulike metoder testet og vurdert. Disse inkluderte å ha objektet stasjonært og bevege sensoren, eller å ha sensoren stasjonær og bevege objektet.

### 7.2.1 Første kalibreringsforsøk

I et forsøk på å finne en passende metode for å kalibrere sensorene, ble det utforsket å peke sensorene opp mot taket og bruke et objekt sammen med et målebånd for å måle avstandene (Figure: 18). Men det viste seg at denne metoden ikke var optimal på grunn av mulige feil og unøyaktigheter som kunne oppstå underveis i målingen. Et av problemene var at målebåndet kunne bli skjevt underveis i målingen, siden den var i løse luften. Videre kunne personen som holdt objektet, ikke være helt stødig. Det var også en risiko for at avstanden til objektet ville bli bestemt basert på øyemål, noe som kunne føre til ytterligere unøyaktigheter.



Figure 18: Første forsøk på kalibrering

---

### 7.2.2 Andre kalibreringsforsøk

I det andre forsøket på kalibrering prøvde vi å gjøre målingene med sensoren ned på gulvet og flyttet den etter hver avstandsmåling. Testområdet ble satt opp ved hjelp av et målebånd og elektrisk teip. Avstanden ble markert hver tiende cm fra 20 cm til 180 cm ved hjelp av små teipbiter, og en teipbit ble satt ved 15 cm siden ultrasonisk-sensoren kan oppdage objekter fra den avstanden. For å utføre kalibreringen ble det brukt en hvit skapdør som kalibreringsobjekt. Selv om det ble gjort forsøk på å sikre nøyaktige målinger, ble det konkludert med at metoden var unøyaktig på grunn av sensorens nærhet til gulvet og den ujevne overflaten på kjøkkenbenkens nedre list. Dette førte til at målingene ikke var nøyaktige og pålitelige (Figure: 19).

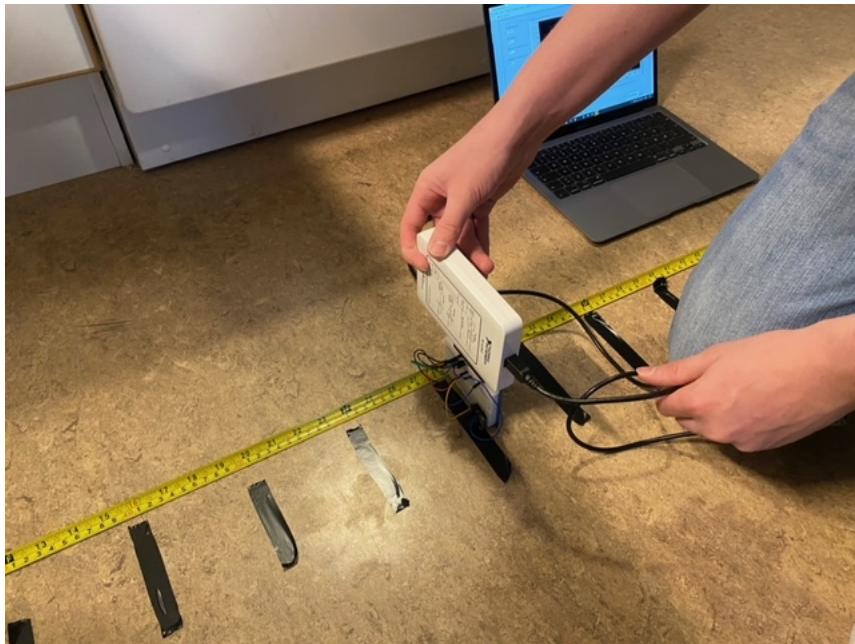


Figure 19: Andre forsøk på kalibrering

### 7.2.3 Tredje kalibreringsforsøk

I det tredje forsøket ble det gjort en rekke tiltak for å sikre nøyaktige avstandsmålinger. For å oppnå dette ble det montert sensorer på en stol for å ta alle målinger på samme høyde og unngå feil som kan oppstå når sensorene er for nær gulvet eller når det er ujevnhet på overflaten som måles (Figure: 20). For å sikre pålitelige resultater ble det utført tre målinger per sensor og en ekstra måling i mørket med IR-sensoren. Dette ble gjort for å undersøke om det var noen forskjell i avlesningene tatt i ulike lysforhold, men det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller.



Figure 20: Tredje forsøk på kalibrering

#### 7.2.4 Kalibreringsdata

Etter fullføringen av tredje kalibreringsforsøk ble de målte verdiene lagret i en tekstfil. Filen inneholdt avstanden i centimeter og spenningen som ble målt ved denne avstanden i volt (Tabel: 1). Disse verdiene ble brukt til å kalibrere sensorene for å sikre nøyaktighet i fremtidige målinger. Etter at sensorene var blitt kalibrert, ble det utført en rekke målinger med ulike objekter i forskjellige tilstander og avstander

Kalibrering			
IR-sensor		Ultrasonic-sensor	
Avstand	Spanning	Avstand	Spanning
15	NaN	15	0,06
20	2,54	20	0,07
30	1,99	30	0,10
40	1,51	40	0,14
50	1,19	50	0,17
60	0,98	60	0,20
70	0,84	70	0,24
80	0,74	80	0,28
90	0,66	90	0,31
100	0,58	100	0,35
110	0,52	110	0,39
120	0,47	120	0,42
130	0,42	130	0,45
140	0,39	140	0,49
150	0,36	150	0,52
160	NaN	160	0,55
170	NaN	170	0,58
180	NaN	180	0,62

Table 1: Kalibrering av sensorene i cm og volt

I databladet til Sharp GP2Y0A02YK0F er det inkludert en graf som viser spenningsnivået som

sensoren produserer over dens målbare rekkevidde (*GP2Y0A02YK0F* 2023) (Figure: 21). For å bekrefte påliteligheten til verdiene fra en kalibreringstest av sensoren, ble resultatene fra kalibreringen (Tabel: 1) plottet inn i en graf (Figure: 22) og sammenlignet med grafen i databladet. Etter å ha gjennomført en sammenligning, ble det konkludert med at resultatene fra kalibreringstesten stemte godt overens med grafen i databladet.

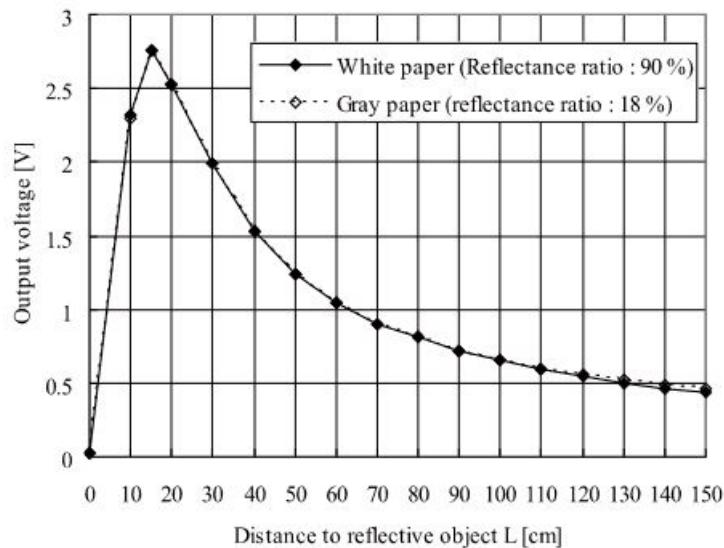


Figure 21: Spenningskalibrering til Sharp GP2Y0A02YK0F ifølge datablad

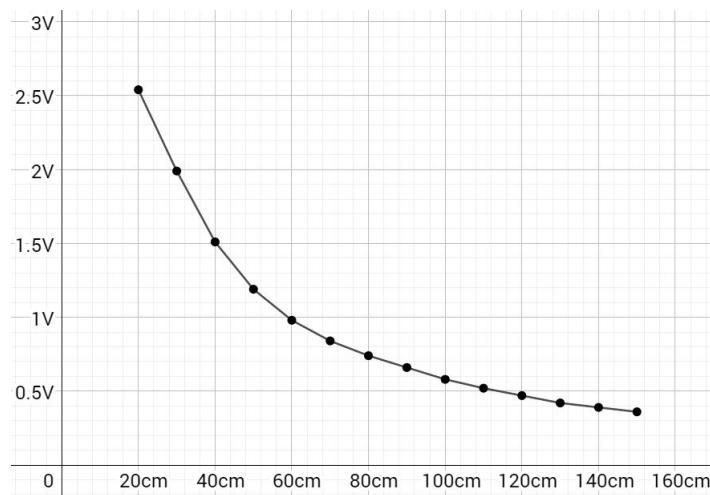


Figure 22: Plot av Sharp GP2Y0A02YK0F kalibreringsdata

Databladet til Maxbotix LV-EZ0 oppgir ikke noen utgangsspenningmvær, men etter å ha utført en kalibreringstest og plottet verdiene inn i en graf, viste det seg at grafen var svært lineær (Figure: 23).

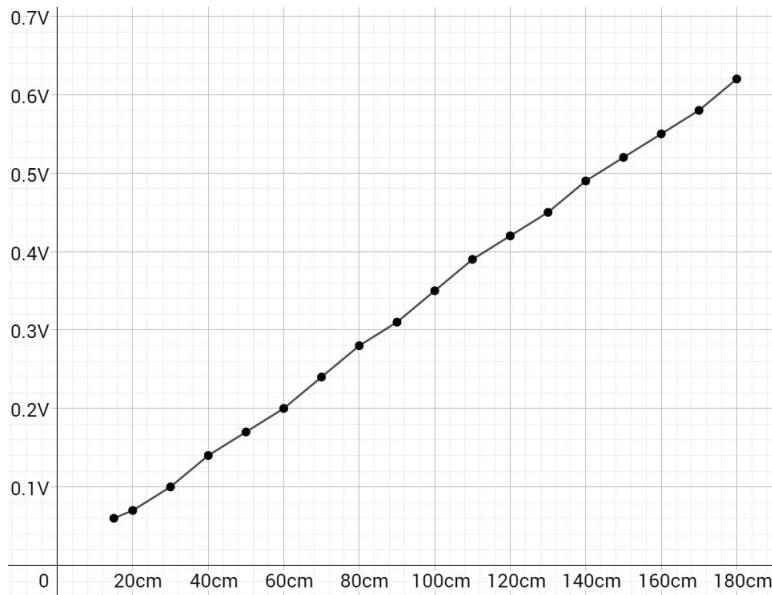


Figure 23: Plot av Maxbotix LV-EZ0 kalibreringsdata

#### 7.2.5 Vurdering

Under kalibreringen og begynnelsen av eksperimentene ble det gjort flere vurderinger. Det ble besluttet å holde objektet stasjonært og bevege sensoren under kalibreringen, da det var ønskelig å bytte ut sensorer og måle spenninger ved forskjellige avstander. Imidlertid ble det vurdert som mer hensiktsmessig å ha en stasjonær sensor når synsfeltet skulle testes. Dette var på grunn av behovet for et fast referansepunkt når forskjellige objekter skulle testes, og for å sikre nøyaktighet ved målinger (Figure: 24).



Figure 24: Oppsett for måling av synsvinkel

I testingen av synsfeltet ble den stasjonære sensoren også valgt fordi det var ønskelig å plassere sensoren i en høyde som ville unngå målefeil forårsaket av refleksjoner fra gulvet. Dette ville også simulere hvordan sensorene ville fungere i praksis når en person bruker Colorophone-systemet.

---

Hensikten med rapporten var å bestemme hvilke sensorer som skulle brukes i systemet, og det var derfor viktig å plassere sensorene i en høyde som ville gi en brukeropplevelse som var tilstrekkelig representativ. En svakhet med denne tilnærmingen er imidlertid at nøyaktigheten kan påvirkes, da det kan være utfordrende å anslå den faktiske avstanden til objekter når sensoren ikke er plassert på gulvet.

Før testene ble utført, ble det evaluert at resultatene fra testene ikke kunne anses som nøyaktige eller vitenskapelige. Dette skyldes at det er for mange potensielle unøyaktigheter og målefeil som kan oppstå med denne metoden. Til tross for dette, er resultatene fortsatt en god estimat.

## 7.3 Testing av parametere

### 7.3.1 Sensitivitet og Linearitet

Resultatene fra kalibreringstesten ga verdifull informasjon som kunne benyttes til å vurdere sensitiviteten og lineariteten til sensorene. Når det gjelder Sharp GP2Y0A02YK0F, viser grafen at følsomheten faller eksponentielt (Figure: 22) som tyder på ikke-lineært sensitivitet. Følsomheten er høyest fra 20 til 70 cm, men synker brått etter dette. Videre kan man se at sensorens sensitivitet er på sitt høyeste når avstanden er over 10 cm, og gir 0.5 V. Mens mot maksimal målelengde er sensitiviteten på over 0.1 V i en endring på 10 cm i avstand.

Sammenlignet med Sharp GP2Y0A02YK0F, har Maxbotix LV-EZ0 en svært lineær følsomhet (Figure: 23). Dette betyr at uansett om sensoren mäter en gjenstand som befinner seg svært nær, for eksempel 30 cm, eller langt unna, for eksempel 120 cm, vil den opprettholde sin sensitivitet. Ved å linearisere kalibreringsgrafene kan vi anta at sensitiviteten til sensoren ligger på rundt 0.2 volt over en avstand på 60 cm.

### 7.3.2 Dead-band

Ved analyse av en sensors dødband, undersøkes den minste avstanden der sensoren ikke kan måle objekter. Sharp GP2Y0A02YK0F og Maxbotix LV-EZ0 har oppgitte minimumsgrenser i databladene sine. Sharp GP2Y0A02YK0F har en minimumsgrense på 20 cm (*GP2Y0A02YK0F 2023*), mens Maxbotix LV-EZ0 har en minimumsgrense på 15 cm (*HRLV-MaxSonar-EZ Datasheet 2023*). Disse minimumsgrenser ble brukt som utgangspunkt for videre testing og målinger.

### 7.3.3 Synsfelt

I en undersøkelse av synsfeltet til sensorene, ble det tatt hensyn til ulike parametere i oppsettet for testingen, som ble beskrevet i seksjon «Kalibrering» (Seksjon: 7.2). I seksjon «Vurdering» (Seksjon: 7.2.5) ble det bestemt at sensorene skulle være stasjonær og om objektet skulle bevege seg. Sensoren ble plassert 70 cm over gulvet på en godt festet mikrofonstativ. En fot på stativet ble brukt som referanse for avstand, og forskjellige måleobjekter ble festet til stativet ved hjelp av teip.

For synsfelttesting ble det opprettet en midtlinje som fungerte som en vinkelrett referanselinje. Deretter ble markører plassert på gulvet ved bestemte avstander, inkludert 15, 20, 30, 60, 90, 120 og 150 cm. Sidelinjer ble etablert på høyre side av hver markør langs midtlinjen med intervaller på 15, 30 og 45 cm. Plassmangel og tidsbegrensninger tillot kun plassering av markører på høyre side av midtlinjen, og en antakelse ble gjort om symmetri i synsfeltet for begge sensorene. Dette resulterte i at resultatene fra målingene ble kopiert og ansett som gyldige for den motsatte siden av midtlinjen. Totalt ble det testet 4 ulike objekter, og det ble tatt totalt 194 datapunkter ved å måle 24 punkter per sensor.

Felles objekter og noen forskjellige objekter ble brukt til testing av sensorene. Valget av objekter var basert på deres egenskaper, der overflaten og hardheten ble vurdert som mer egnet for testing

---

med ultrasonisk sensor, mens objektets refleksjon og farge ble ansett som mer relevant for IR-sensoren. Videre ble det undersøkt om størrelsen hadde en påvirkning på målingene.

### 1. Felles objekter

- CD plate i cover - lite hardt objekt, størrelse på 12x14 cm og symboliserer for eksempel en knapp for et fotgjengerfelt.
- Komponentkoffert i sort plast - stort hardt objekt, størrelse på 35x25 cm og kan representere bredden til et menneske.

### 2. Eksklusivt objekter for IR-sensoren

- Sort T-skjorte - lite objekt, omtrent 35x50 cm, er med på sjekke responsen mot sort farge.
- Hvit laken - stort objekt, omtrent 40x80 cm, er med på sjekke responsen mot hvit farge.

### 3. Eksklusivt objekter for Ultrasonisk-sensoren

- Sort lue - mykt lite objekt, omtrent 20x20 cm.
- Lilla sofapute - mykt stort objekt, omtrent 40x40 cm og representerer for eksempel en stol, en sekk eller en hund.

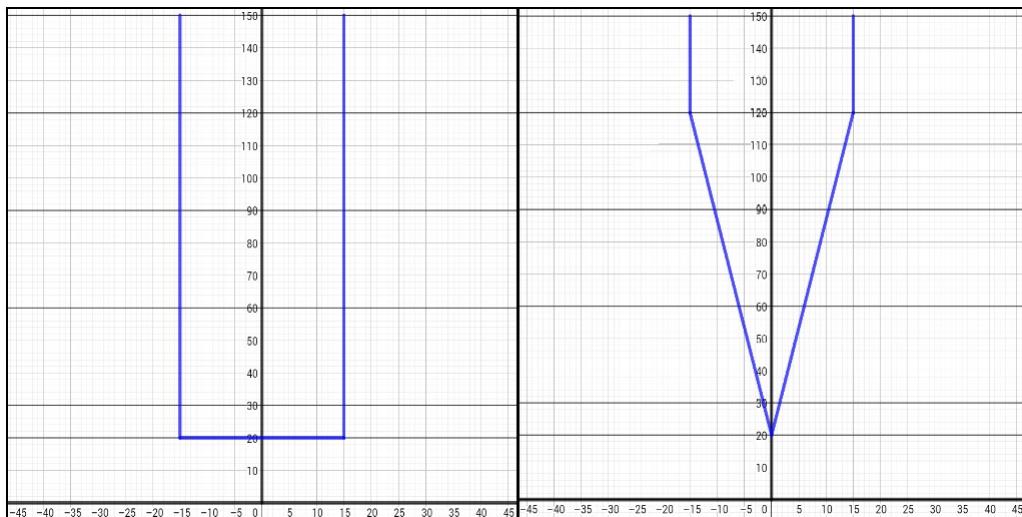


Figure 25: Plot av synsvinkel for Sharp GP2Y0A02YK0F  
Koffert til venstre og CD-plate til høyre

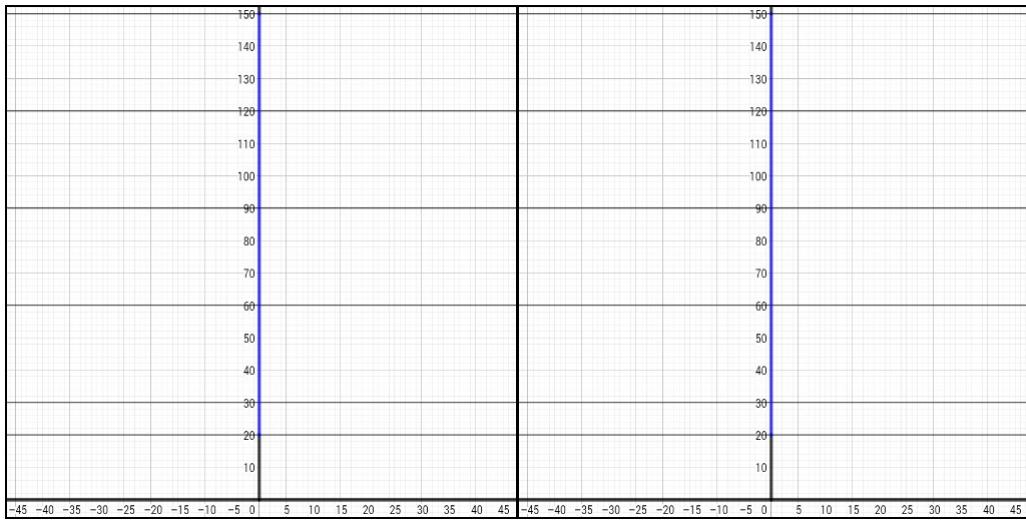


Figure 26: Plot av synsvinkel for Sharp GP2Y0A02YK0F  
Hvit laken til venstre og sort T-skjorte til høyre

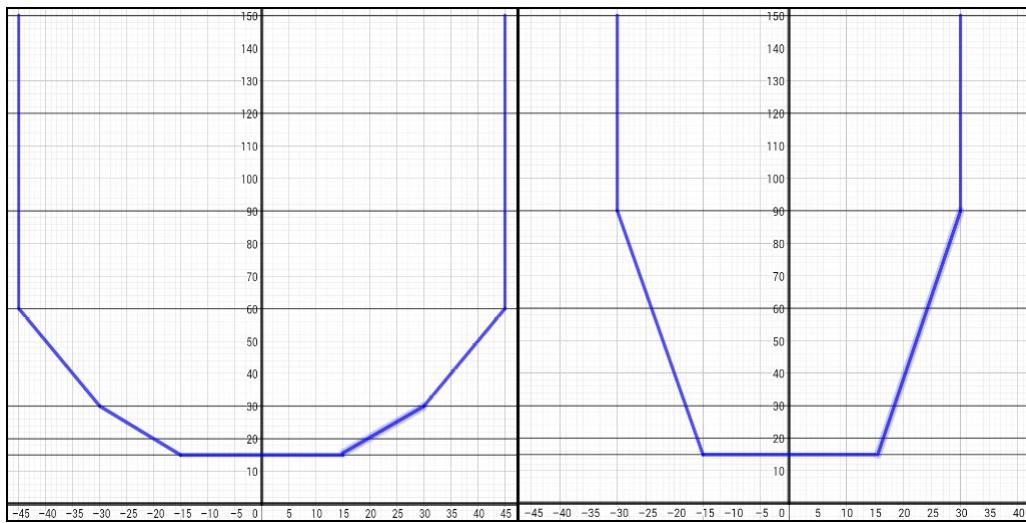


Figure 27: Plot av synsvinkel for Maxbotix LV-EZ0  
Koffert til venstre og CD-plate til høyre

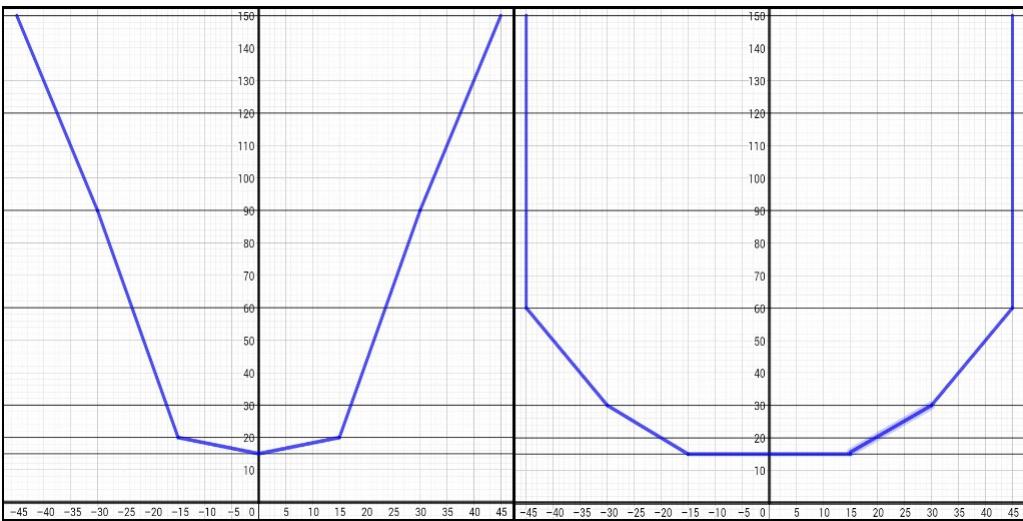


Figure 28: Plot av synsvinkel for Maxbotix LV-EZ0  
 Sort lue til vensre og lilla pute til høyre

Basert på grafobservasjonene kan det konkluderes med at Maxbotix LV-EZ0 har en bredere synsvinkel enn Sharp GP2Y0A02YK0F. Det er verdt å merke seg at grafene er basert på midtpunktet til objektet, og dette kan føre til at bredere objekter, som en koffert, vil stikke lengre ut til siden. Dette kan resultere i en bredere synsvinkel for større objekter sammenlignet med mindre objekter, som en CD-plate. Når det gjelder måling av koffert med IR-sensoren, kan den gi feil på grunn av koffertens bredde (Figure: 25). Videre registrerte den ultrasoniske sensoren kofferten når midtpunktet var 45 cm til siden. Det kan være at den reflektive overflaten til kofferten bidrar til å oppdage den, men dette ble ikke videre testet. Derfor er det mer relevant å fokusere på mindre objekter når det gjelder den faktiske synsvinkelen. Ved å bruke CD-platen som et felles referansepunkt, viser grafene (Figure: 25) og (Figure: 27) at den ultrasoniske sensoren har det bredestes synsfeltet.

#### 7.3.4 Hysterese

En testrig er nødvendig for å utføre hysterese-testing, og denne bør inneholde en pendel eller tilsvarende for å kunne sammenligne to konstante hastigheter nøyaktig. To tester ble gjennomført på hysterese. I den første testen ble håndbevegelser utført foran sensoren på korte avstander, mens i den andre testen løpte en person mot sensoren, snudde seg og løp vekk fra sensoren.

Observasjonene fra den første testen med hånden viser at IR-sensoren hadde en mer presis respons (Figure: 29) sammenlignet med den ultrasoniske sensoren, som viste mer variasjon (Figure: 30). Dette alene gir imidlertid ikke tilstrekkelig grunnlag for å fastslå at det forekommer hysterese i dette forsøke, men det virker som om hysterese ikke er problemet. En mulig utfordring kan være at den ultrasoniske sensoren har begrensninger når det gjelder respons- og dynamiske egenskaper sammenlignet med IR-sensoren. Dette kan gjøre det vanskeligere å oppdage bevegelige objekter, ettersom lydbølgene som brukes av den ultrasoniske sensoren ikke kan måle bevegelige objekter med høy nøyaktighet.



Figure 29: Sharp GP2Y0A02YK0F hysteresetest hånd

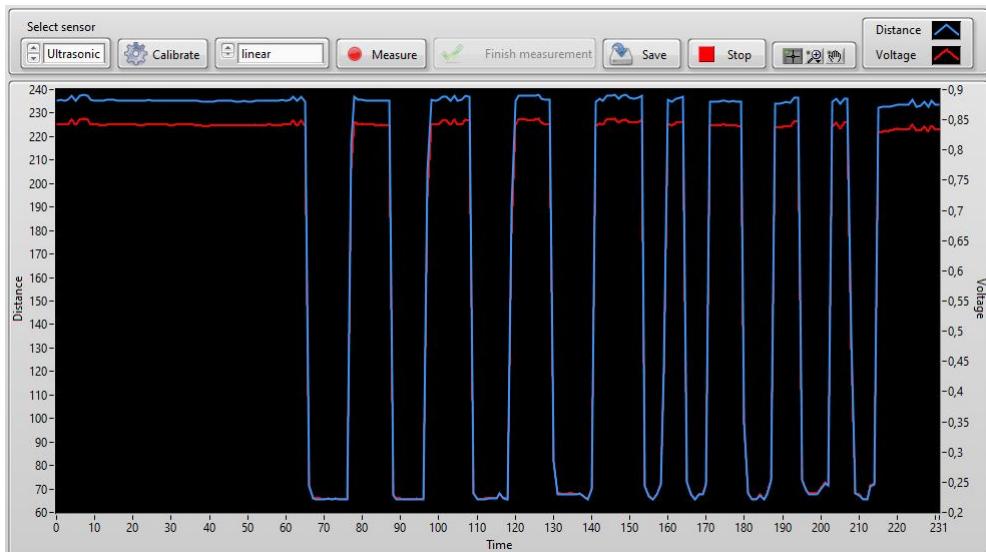


Figure 30: Maxbotix LV-EZ0 hysteresetest hånd

I den andre testen ble det observert at begge sensorene registrerte bevegelsen nøyaktig (Figure: 31) og (Figure: 32). Imidlertid ble det observert at IR-sensoren produserte litt støy når personen snudde seg på en avstand på 1,5 m, mens den ultrasoniske sensoren reagerte kraftig når personen snudde seg. Denne forskjellen kan skyldes det faktum at ultrasoniske sensorer kan bli forvirret av komplekse objekter som et menneske, og liker dermed bedre rette, enkle overflater.

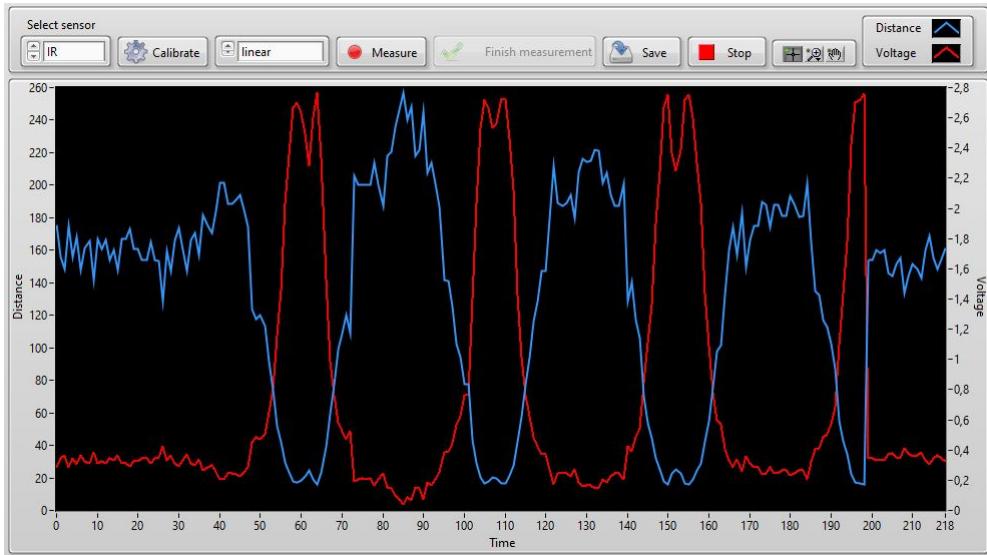


Figure 31: Sharp GP2Y0A02YK0F hysteresetest løping

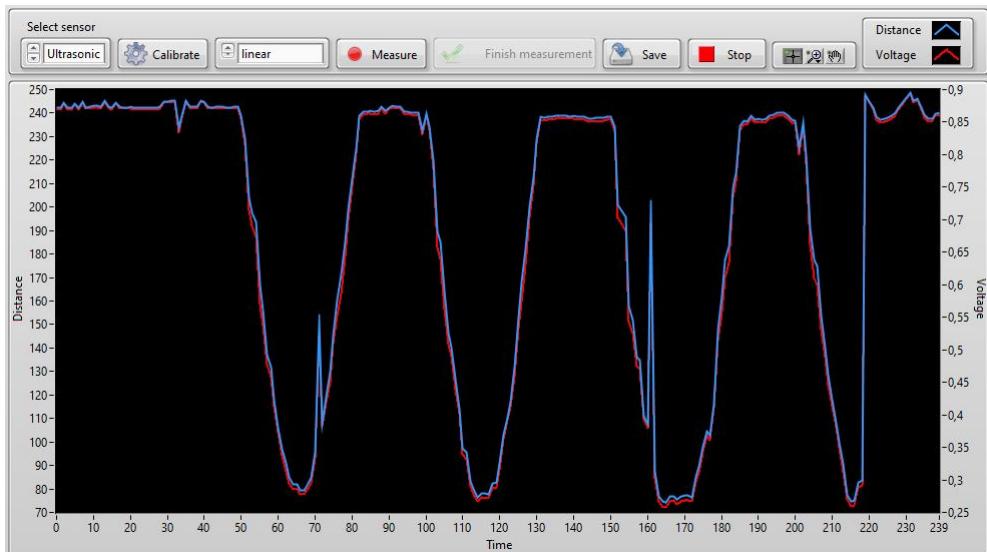


Figure 32: Maxbotix LV-EZ0 hysteresetest løping

## 8 Konklusjon

Det konkluderes med at Maxbotix LV-EZ0 er den mest egnede sensoren å bruke i Colorophone-systemet. Dette begrunnes av en rekke eksperimenter med forskjellige parametere i seksjonen «Eksperimenter og Resultater» (Seksjon: 7), der den ultrasoniske sensoren viste seg å ha lengre rekkevidde, bredere synsfelt og lineær respons i forhold til Sharp GP2Y0A02YK0F. På grunn av dens egenskaper som robusthet, pålitelighet, lavt strømforbruk og kostnad, er den et fornuftig valg å implementere i systemet. Imidlertid kan sensoren påvirkes av støy og avanserte objekter. Disse utfordringene kan imidlertid løses med gode programvareløsninger, og derfor anses Maxbotix LV-EZ0 fortsatt som det beste valget for dette systemet.

I forbindelse med videreutvikling av systemet kan det være hensiktsmessig å vurdere implementering av programvareløsninger som kan adressere støyproblemer som oppstår når begge sensorene kobles samtidig, samt eventuelle støyproblemer knyttet til ultrasoniske sensoren og vanskeligheter med å registrere avanserte objekter. Andre mulige forbedringer kan omfatte en mer strukturert

---

og organisert datainnsamling i tekstfilen (.TXT), da nåværende praksis kun innebærer at daten blir dumpet inn i filen. En annen mulig utvikling kan være å utvikle en kalibreringsfunksjon i programvaren som gjør det mulig for brukeren å kalibrere sensoren i programmet, i stedet for å laste opp en forhåndskalibrert fil.

## 9 Tilbakemelding

### 9.1 Hva jeg har lært

I løpet av dette prosjektet har jeg tilegnet meg ny kunnskap innen målinger ved hjelp av ulike sensorer, samt problemer som oppsto underveis som måtte løses. Dette inkluderte kalibrering av sensorer og betydningen av å ha et godt testoppsett for å minimere målefeil og øke påliteligheten. Dessverre ble ikke LabView en stor del av prosjektet, da det tok ekstremt lang tid å måle de to forskjellige sensorene og alle deres parametere. Likevel har jeg opparbeidet meg kunnskap om forbedring av et eksisterende program, som for eksempel ved å legge til fil-lagring, som var en viktig del av dette prosjektet. Jeg har også fått nye ideer om hvordan GUI bør se ut avhengig av bruksområdet for programmet. I tillegg har jeg tilegnet meg betydelig kunnskap om de to sensorene som ble eksperimentert på, samt andre varianter som ikke ble utforsket i denne rapporten.

### 9.2 Forslag til forandring

Jeg syntes prosjektet var stort og svært krevende, og det hadde vært morsomt å kunne teste ut flere målinger med enda flere parametere. Jeg la merke til at dette prosjektet handlet mer om eksperimentering enn om LabView-programmering.

---

## References

- Cubic Hermite spline* (2023). Wikipedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cubic\\_Hermite\\_spline](https://en.wikipedia.org/wiki/Cubic_Hermite_spline) (visited on 2nd Apr. 2023).
- Distance Sensor Comparison Guide* (2023). SparkFun Electronics. URL: [https://www.sparkfun.com/distance\\_sensor\\_comparison\\_guide](https://www.sparkfun.com/distance_sensor_comparison_guide) (visited on 21st Mar. 2023).
- Distance Sensors: The Basics* (2023). New York University. URL: <https://itp.nyu.edu/physcomp/distance-sensors-the-basics/> (visited on 31st Mar. 2023).
- GP2Y0A02YK0F* (2023). Sharp. URL: <https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a02yk-e.pdf> (visited on 21st Mar. 2023).
- GP2Y0A02YK0F* (2023). Mouser Electronics. URL: <https://eu.mouser.com/ProductDetail/Sharp-Microelectronics/GP2Y0A02YK0F?qs=MM18jlBX8qC7UnhtElHww%3D%3D> (visited on 29th Mar. 2023).
- How Ultrasonic Sensors Work* (2023). MaxBotix. URL: <https://maxbotix.com/blogs/blog/how-ultrasonic-sensors-work> (visited on 25th Mar. 2023).
- HRLV-MaxSonar-EZ Datasheet* (2023). MaxBotix. URL: <https://maxbotix.com/pages/hrlv-maxsonar-ez-datasheet> (visited on 24th Mar. 2023).
- Interpolasjon* (2023). Wikipedia. URL: <https://no.wikipedia.org/wiki/Interpolasjon> (visited on 2nd Apr. 2023).
- IR Sensor vs. Ultrasonic Sensor: What is the difference?* (2023). RoboSavvy. URL: <https://robosavvy.co.uk/ir-sensor-vs-ultrasonic-sensor-what-is-the-difference> (visited on 24th Mar. 2023).
- Lagrange polynomial* (2023). Wikipedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lagrange\\_polynomial](https://en.wikipedia.org/wiki/Lagrange_polynomial) (visited on 2nd Apr. 2023).
- Lineær interpolasjon* (2023). Wikipedia. URL: [https://no.wikipedia.org/wiki/Interpolasjon#Line%C3%A6r\\_interpolasjon](https://no.wikipedia.org/wiki/Interpolasjon#Line%C3%A6r_interpolasjon) (visited on 2nd Apr. 2023).
- MB1000-000* (2023). Digi-key. URL: <https://www.digikey.com/en/products/detail/maxbotix-inc/MB1000-000/7896773> (visited on 29th Mar. 2023).
- Measuring Distance with myDAQ and Sharp Infrared Proximity Sensor* (2023). NI. URL: <https://forums.ni.com/t5/Example-Code/Measuring-Distance-with-myDAQ-and-Sharp-Infrared-Proximity/ta-p/3996488?profile.language=en> (visited on 22nd Mar. 2023).
- Nearest-neighbor interpolation* (2023). Wikipedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Nearest-neighbor\\_interpolation](https://en.wikipedia.org/wiki/Nearest-neighbor_interpolation) (visited on 2nd Apr. 2023).
- Polynominterpolasjon* (2023). Wikipedia. URL: <https://no.wikipedia.org/wiki/Interpolasjon#Polynominterpolasjon> (visited on 2nd Apr. 2023).
- pulkitagarwal03pulkit (2023). *Advantages and Disadvantages of Infrared sensor*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/advantages-and-disadvantages-of-infrared-sensor/> (visited on 24th Mar. 2023).
- Shawn (2023). *Types of Distance Sensors and How to Select One?* URL: <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/23/distance-sensors-types-and-selection-guide/> (visited on 31st Mar. 2023).

---

## **Vedlegg**

### **A Målingsprogram og kalibreringsfillene**

Programmene som ble brukt til å måle og teste de forskjellige parameterene (Calibration.vi), (Main cluster.ctl), (Proximity sensors - MAIN.vi), (Proximity sensors.aliases), (Proximity sensors.lvpls), (Proximity sensors.lvproj) og (States.ctl)

I tillegg kalibreringsfilene som ble brukt i målingene (IRKalibrering.txt) og (UltrasoniskKalibrering.txt)

### **B Kalibreringsprogram**

Programmene som ble brukt til å kalibrere sensorene (irsensorexample.vi) og (LV-MaxSonar.vi)

### **C Resultater fra synsfelttesting**

Excel-fil med resultater fra synsfelttesting (synsfelttesting.xlsx)