

ARDUINO DINGS – HVAL1



Halvor, Harald, Jakob, Jens

Bilde laget av Harald Myklebust

Sammendrag

Prosjektet omhandler utforskningen av Arduino-teknologi for å utvikle et varslingsystem basert på avstandsmåling. Det startet med et 3d design av en hval, som skulle romme alle elektroniske komponenter. Systemet tok i bruk en avstandsmåler som reagerer på omgivelsene ved å sende ut lydsignaler, hvor frekvensen av disse signalene endres omvendt proporsjonalt med avstanden til objekter nær sensoren. Videre ble prosjektet utvidet til også å inkludere deteksjon av stasjonære objekter samt fartsmåling av objekter i bevegelse. Rapporten inkluderer en introduksjon av prosjektet, med spesifikasjoner av brukt utstyr. Videre er det en detaljert beskrivelse av metodene vi har brukt. Dette inkluderer hvordan vi designet hvalen, hvordan koblingene ble gjort, og hvordan vi lagde programmene som blir kjørt på arduinoen. Deretter har vi resultater og diskusjon, hvor det er beskrevet alt som gikk bra og dårlig, og våre tanker rundt det. Her er det også beskrevet hvordan vi har tatt i bruk KI i dette prosjektet. Til slutt er det beskrevet noen av våre tanker om veien videre med dette produktet.

Introduksjon

Formål og konsept

Formålet med oppgaven var å lære om– og utforske nye programmer og maskiner, og anvende disse for å lage et produkt. Konseptet vi valgte var en 3d-printet hval med avstandssensor og høyttaler.

Kravspesifikasjon

For å opprettholde en viss integritet på det endelige produktet, satte vi noen krav. Kravene inkluderte nøyaktighet i avstandsmåling, pålitelig deteksjon av stasjonære objekter, samt en mekanisme for å estimere hastigheten til bevegelige objekter. For å oppfylle disse, måtte systemet være i stand til å utføre kontinuerlige målinger og bearbeide disse dataene i sanntid for å gi umiddelbar tilbakemelding. Det var også viktig at systemet kunne differensiere mellom stillestående og bevegelige objekter og variere varslingsignalene basert på disse kriteriene. Prosjektet skulle utvikles og testes i flere faser for å sikre at alle krav ble møtt. Vi valgte komponenter blant de som var tilgjengelige for oss, men alle komponenter møtte vår standard.

Elektroniske Komponenter

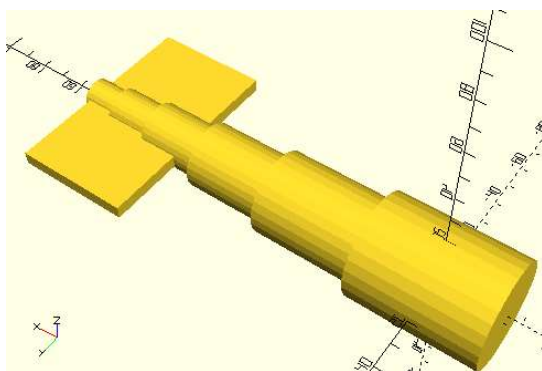
Arduino UNO var vårt beste alternativ som mikrokontrollerenhet. UNOens robuste konstruksjon og fleksibilitet gjør den ideell for prototyping og eksperimentering i et utdanningsrettet prosjekt. HC-SR04 ultralydssensoren gir presise avstandsmålinger og pålitelighet over korte avstander. Den er også kostnadseffektiv og enkel å bruke, noe som gjør den til en standard i mange avstandsregistrerende applikasjoner, og er den vanligste sensoren for Arduino baserte prosjekter. (Dejan, U.Å). En enkel piezoelektrisk buzzer ble valgt for å gi auditiv tilbakemelding til brukeren basert på avstanden som sensoren registrerer, noe som legger til en intuitiv dimensjon til brukeropplevelsen.

Metode

3D-Design og Modelling

Design med OpenSCAD

Ved å utnytte programmeringens presisjon og kontroll, ble en versjon av prosjektets



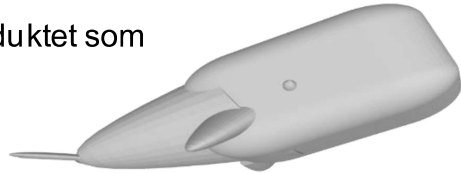
3D-komponenter utviklet ved hjelp av OpenSCAD, et skriptbasert designverktøy som gir brukeren full kontroll over hver lille detalj av modellen. Ved å bruke OpenSCAD kunne teamet utforme parametriske modeller, noe som betyr at ved å endre variabler i skriptet, kunne dimensjoner og former lett tilpasses uten å måtte redesigne hele

modellen fra bunnen av. Dette er spesielt nyttig i iterasjonsprosesser hvor små justeringer kan være nødvendige basert på testing eller komponentendringer. Den kjegleformede kroppen til modellen er laget ved bruk av rekursive former, som minker med en gitt prosent for hver gang.

Prosessen startet med å definere grunnleggende geometriske former og dimensjoner som utgjorde hoveddelen av modellen. Vi valgte å bruke TinkerCAD for selve 3D designet, men lagde en OpenSCAD modell for å ta i bruk programmet. Filen til programmet ligger i Github filen nederst i rapporten.

Design med TinkerCAD

TinkerCAD ble valgt som en mer intuitiv og visuelt orientert modelleringsplattform for å supplere og forbedre det initialt skriptbaserte designet fra OpenSCAD. Ettersom OpenSCAD modellen kun var et utforskende prosjekt, ble denne muligheten aldri tatt i bruk under designet av den endelige hvalen. TinkerCAD verktøyet, kjent for sin brukervennlighet og drag-and-drop-grensesnitt, tillot teamet å raskt prototype og realisere visuelle konsepter av produktet som var lett å dele og diskutere internt.



Med TinkerCAD, kunne teamet importere grunnmodeller, og videreutvikle dem ved å legge til mer komplekse former og detaljer som var vanskeligere å definere kodebasert. For eksempel kunne avrundede hjørner og detaljerte elementer modelleres ved å bruke TinkerCADs visuelle verktøy, som ga prosjektet et mer ferdig og polert utseende.

I TinkerCAD arbeidet teamet også med plassering og montering av komponenter som Arduino-brettet, sensorer, og buzzeren. Ved å importere eksakte representasjoner av disse komponentene fra TinkerCADs bibliotek, kunne de sikre at det 3D-printede huset ville ha tilstrekkelig plass for hver komponent, noe som er avgjørende for sluttproduktets funksjonalitet. Filen til programmet ligger i Github filen nederst i rapporten.

Programvareutvikling

I programvareutviklingsfasen av prosjektet vårt konsentrerte vi oss om å programmere Arduino Uno til å styre HC-SR04 ultralydssensoren for avstandsmåling og bruk av en buzzer for å gi tilbakemelding basert på målte avstander. Arduino-koden ble skrevet i Arduino IDE og lastet opp til mikrokontrolleren. Filen til programmet ligger i Github filen nederst i rapporten.

Programmering av Arduino

Først definerte vi de nødvendige pinnene for TRIG og ECHO til HC-SR04, samt BUZZER_PIN for buzzeren. For å håndtere tidsbaserte hendelser uten å bruke delay()-funksjonen, som blokkerer kodeutførelse, benyttet vi millis()-funksjonen. Dette tillot oss å utføre avstandsmålinger og aktivere buzzeren asynkront.

Utvikling av Avstandsdeteksjon og -varsling

For å måle avstanden sendte vi en høy-puls til TRIG_PIN og lyttet på ECHO_PIN for å motta ekkoet tilbake. Avstanden ble kalkulert basert på tiden mellom utsendelse og mottak av dette ekkoet, ut fra lydens hastighet i luft. Avstandsmålingene ble så brukt til å styre buzzeren: et nærmere objekt resulterte i hyppigere piping, mens objekter utenfor en grenseverdi på 200 cm ikke genererte noen lyd.

Hastighetsberegning

Prosjektet ble videreutviklet for å inkludere deteksjon av om et objekt er stasjonært og beregning av objektets hastighet mot eller fra sensoren. Vi oppnådde dette ved å lagre avstandsverdier over tid og beregne endringen i avstand mellom hvert målepunkt, delt på tidsintervallet mellom målingene. Dette ga oss hastigheten på objektet, som ble uttrykt i centimeter per sekund.

Optimalisering og Feilsøking av Koden

Koden ble nøye feilsøkt ved å observere verdier gjennom Serial Monitor og Serial Plotter i Arduino IDE. Dette hjalp oss å justere og fininnstille både avstandsdeteksjonsalgoritmen og hastighetsberegningene. Et spesielt fokus ble lagt på å forbedre nøyaktigheten av deteksjonen av stasjonære objekter ved å introdusere en glidende gjennomsnittsberegning, som effektivt reduserte støy i målingene.

I løpet av denne fasen ble det klart hvor viktig det er å kombinere en grundig forståelse av de fysiske prinsippene sensorene opererer under, med evnen til å implementere denne forståelsen i en effektiv og pålitelig kodebase. Det iterative designet av programvareutviklingsprosessen tillot oss å kontinuerlig forbedre systemets ytelse og brukervennlighet.

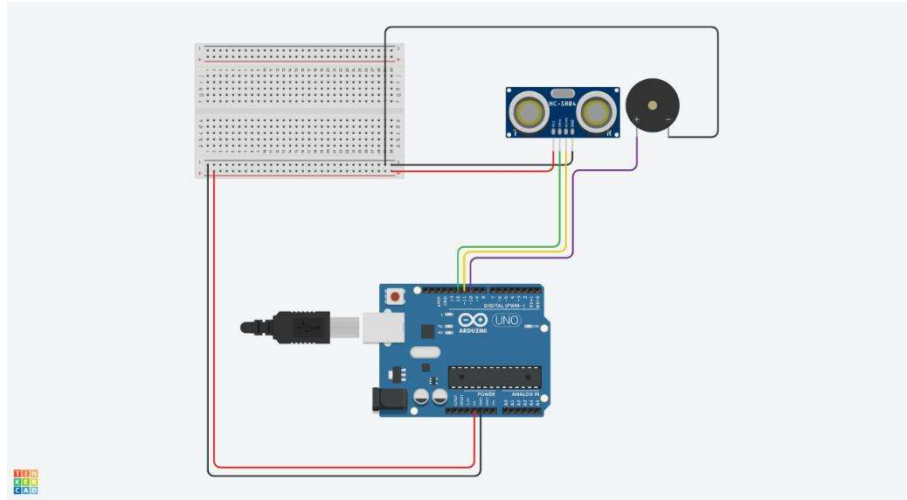
Elektronisk Kobling og Oppsett

I utviklingsfasen av prosjektet ble det nøye oppmerksomhet gitt til den elektroniske koblingen og oppsettet for å sikre at alle komponentene fungerte som forventet og kunne integreres sømløst med de 3D-printede delene. Dette trinnet var avgjørende for å sikre at den fysiske konstruksjonen av systemet vårt var pålitelig og kunne håndtere de beregnede operasjonelle kravene.

Kretslayout og Kobling

Prosjektet begynte med å utvikle en detaljert kretslayout. For å gjøre dette, ble de nøyaktige pinnene på Arduino UNO-kortet tildelt spesifikke roller: pinne 12 ble brukt for ultralydsensorens trig-pinne, pinne 11 for ekko-pinne, og pinne 10 for buzzerelementet.

Dette oppsettet ble først konseptualisert ved hjelp av TinkerCAD, som tillot en virtuell simulering



av kretsoppsettet før den faktiske fysiske koblingen. Strøm- og jordforbindelsene ble også nøye planlagt for å unngå eventuelle kortslutninger eller overbelastning av kretsen.

Integrering av Elektronikk og 3D-printede Komponenter

Etter å ha etablert kretslayout og testet det i et simulert miljø, flyttet vi over til den faktiske prototypingen. Hver komponent ble forsiktig plassert på et prototypbrett for å sikre at de matchet layoutet som var opprettet digitalt. Ultralydssensoren ble plassert på en strategisk plass slik at den kunne sende og motta signaler uten obstruksjon, og buzzeren ble plassert i nærheten av Arduinoen for enkel tilkobling. Prototypbrettet ble deretter integrert med de 3D-printede delene, som fungerte som et kabinett og monteringsplattform, noe som gav en stabil og håndterbar enhet. Plasseringen av komponentene ble også gjort med tanke på vedlikehold og justeringer, slik at det var enkelt å tilgå hver enkelt del for eventuell feilsøking og reparasjon.

Programmering av Arduino

Programmering av Arduino krever en forståelse av både maskinvaren den skal styre og programvarelogikken som driver oppførselen. I dette prosjektet har vi programmert en Arduino UNO til å samhandle med en HC-SR04 ultralydssensor for å måle avstander og en buzzer for å gi hørbar feedback basert på målte avstander. Initialiseringsfasen i setup()-funksjonen definerer pinnekonfigurasjoner og setter opp

serial kommunikasjon for feilsøking. Dette sikrer at systemet vårt er klart til å begynne loopen og utføre de nødvendige operasjonene.

Utvikling av Avstandsdeteksjon og -varsling

Hovedløkken, `loop()`, er kjernen i vår kontinuerlige avstandsmåling og varslingssystem. Sensoren aktiveres ved å sende et høyfrekvent lydsignal. Når dette signalet treffer et objekt, reflekteres det tilbake og fanges opp av sensoren.

Tidsforskjellen mellom utsendelse og mottakelse av lydsignalet brukes deretter til å beregne avstanden til objektet. Denne avstanden brukes for å bestemme intervallene mellom hvert pip fra buzzeren; et nærmere objekt resulterer i hyppigere pip. Ved å bruke en invers funksjon sørger vi for at avstandsoppfattelsen blir intuitivt forståelig gjennom lydsignalene.

Hastighetsberegning

I tillegg til avstandsmåling, beregner vi også hastigheten til objekter som nærmer seg eller beveger seg bort fra sensoren. Dette gjøres ved å analysere endringen i avstand over tid, ved hjelp av formelen $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, hvor avstand, hastighet og tid gis ved S, V, T. Hastighetsberegningene presenteres i enheter av cm/s og utskrives til den serielle monitoren, noe som gir verdifull innsikt i dynamiske egenskaper til det observerte objektet.

Optimalisering og Feilsøking av Koden

Utfordringer under utviklingen, som tidssynkronisering og håndtering av unøyaktige lesninger, ble møtt med grundig feilsøking og optimalisering av koden. Vi har lagt til funksjonalitet for å glatte ut avstandslesningene ved å beregne et gjennomsnitt av flere målinger, noe som minimerer effekten av tilfeldige feil og sensorstøy. Videre ble logikk implementert for å detektere stasjonære objekter, noe som gir systemet evnen til å skille mellom stillestående og bevegelige objekter i sitt deteksjonsfelt.

Sammensetning av Sluttproduktet

Montering av Sluttsystemet

Etter vellykkede individuelle tester av de elektroniske komponentene og 3D-printede delene, var neste steg monteringen av det komplette systemet. Hver komponent ble nøye inspisert før montering for å sikre at det ikke var noen produksjonsfeil som kunne hindre funksjonalitet. Den 3D-printede kroppen ble designet med

presisjonspassasjer for hver elektronisk komponent, som sikret en sømløs og stabil montering. Arduino-kortet ble plassert som hjernen i systemet med tilstrekkelig luftgjennomstrømming for å unngå overoppheting. HC-SR04 ultralydssensoren ble plassert i en slik vinkel og posisjon at den hadde et klart synsfelt for å måle avstander nøyaktig. Buzzeren ble montert med en liten resonanskammer for å forsterke lydsignalet uten å skape unødvendig vibrasjon i rammen. Alle elektriske tilkoblinger ble dobbeltsjekket for å sikre at det ikke var noen løse ledninger eller dårlige loddejoins som kunne føre til intermittente feil.

Finjustering og Endelig Testing

Når sammensetningen var fullført, ble systemet underlagt en serie av finjusteringer for å optimalisere ytelsen. Dette inkluderte å justere sensitiviteten til ultralydssensoren for å detektere forskjellige materialer og avstander, samt å finne den ideelle varslingsfrekvensen for buzzeren som kunne varsle brukere effektivt uten å være forstyrrende. En rekke scenarier ble konstruert for å teste systemets pålitelighet, fra stasjonære hindringer til raskt bevegelige objekter. I denne fasen ble programvaren iterativt justert for å forbedre nøyaktigheten av stasjonær-deteksjon og hastighetsmålingene. Hastighetsberegningene ble finjustert for å ta hensyn til tidsforsinkelser og sikre at målingene var konsistente og pålitelige. Den endelige testfasen bekreftet at systemet oppfylte alle de forutbestemte kravene, og alle resultater ble nøye dokumentert for å gi en grundig forståelse av systemets kapasitet og begrensninger. Eventuelle avvik fra de forventede resultatene ble analysert for å identifisere mulige årsaker, som førte til ytterligere forbedringer i systemets design eller konfigurasjon.

Resultat

Hva som gikk bra

Gjennomføringen av dette prosjektet har resultert i flere positive utfall som er verdt å merke seg. Til tross for utfordringer som oppsto på grunn av høyt fravær relatert til andre forpliktelser blant deltakerne, viste prosjektets "lille" omfang seg å være en styrke. Denne skaleringen sikret at prosjektet forble håndterbart og kunne fullføres suksessfullt av teamet.

Det mest bemerkelsesverdige er at systemet, i sin helhet, fungerer stort sett som forventet. Dette indikerer at både planlegging og utførelse av prosjektet var godt innenfor prosjektteamets tekniske kapasitet, og at designvalgene støttet de ønskede funksjonene og målene.

Et eksempel på vellykket innovasjon innen prosjektet var festemekanismen for hvalmodellen. Denne løsningen, som opprinnelig var en spontan idé, viste seg å være svært effektiv. Den gjorde det enkelt å montere og demontere modellen for innsetting eller justering av de elektroniske komponentene. Dette designvalget bidro ikke bare til prosjektets fleksibilitet, men også til vedlikehold og muligheten for fremtidige oppgraderinger.

Prosjektets kodebase var også et område som fikk positiv tilbakemelding. Koden ble holdt enkel og rett fram, noe som lettet forståelsen og videreutviklingen av prosjektet. Denne tilnærmingen var avgjørende for å sikre prosjektets fremgang, spesielt gitt tidsbegrensningene og de varierte ferdighetsnivåene blant teammedlemmene.

Fleksibiliteten i prosjektet var en annen nøkkelfaktor til suksessen. Evnen til å tilpasse seg uforutsette omstendigheter, endre planer og eksperimentere med ulike løsninger, bidro sterkt til prosjektets positive utfall.

Til slutt, det er verdt å påpeke at prosjektet var svært lærerikt for alle involverte. Fra konseptualisering og design til bygging og feilsøking, hver fase av prosjektet tilbød verdifulle leksjoner og erfaringer som styrket teammedlemmenes tekniske og problemløsende ferdigheter.

Samlet sett reflekterer de positive aspektene ved dette prosjektet ikke bare suksessen med å oppnå de umiddelbare målene, men også potensialet for videre vekst, innovasjon, og anvendelse av de utviklede teknologiene og metodene.

Hva som gikk dårlig

Et av større problemene vi møtte var plasseringen av de ulike elektriske komponentene i hvalen. Vi hadde ikke noen måte å feste de ulike delene i hvalen, som resulterte i at de ligger løst inne i hvalen. Dette inkluderer også sensoren som skal settes ved øynene. Det kan være problematisk hvis hvalen skal flyttes rundt, da det kan risikere å skade noen av komponentene på innsiden. Det betyr også at sensoren kan falle ut av øynene, som vil gjøre modellen ubrukelig frem til de er satt på plass igjen.

Kvaliteten på lyden som høres av mottakerne er også et problem. Lyden var skurrete og uklar. Dette er problematisk både fordi det kan lede til en forverret brukeropplevelse gjennom forverret lyd kvalitet, men også potensielt svak lyd som ikke høres -noe som motvirker en betydelig del av prosjektet.

Diskusjon

Hva tar vi med til en senere versjon

For en fremtidig forbedret modell, kan det være en god ide å ha en utpekt plass til høyttaleren på utsiden av 3D-modellen. Dette er fordi den dårlige lyden kommer som resultat av at høyttaleren er innelukket i hvalen. Det betyr at lyden fra høyttaleren må gjennom plastmodellen før våre ører kan fange den opp. Dette vil føre til lydtap fordi mye av energien i lyden vil bli absorbert og forsvinne i det lyden treffer plasten. Det å plassere høyttaleren på utsiden av hvalen vil løse det problemet. Det vil innebære å lage en ny 3D-modell i tinkerCAD eller openSCAD med en åpning der høyttaleren kan plasseres, og en festemekanisme som holder høyttaleren på plass.

De løse komponentene har også en relativt simpel løsning. I den første modellen var innsiden av hvalen uten noe å feste de ulike delene i. Likt med høyttaleren, burde en eventuell fremtidig modell ha festemekanismer for de ulike komponentene. Disse festemekanismene vil mulig være noe vanskeligere å legge inn i modellen da de både kan være vanskeligere å modellere i 3d-programmene, men også fordi de eksplisitte designene på mekanismene må ta hensyn til at komponentene henger sammen i ledninger i bestemte lengder. Ved en ferdigstilt modell vil ledningene optimalt være loddet, men i det stadiet vi befinner oss i nå er dette neppe et problem da ledningene kan byttes ut for å fjerne problemet med avstand mellom komponentene.

Generelt vil behovet for å gjøre 3D-modellen mer tilpasset komponentene og deres behov være det viktigste å ta med videre til en eventuell senere versjon.

Bruken av KI

Teamet har tatt i bruk KI igjennom hele prosessen. Det har vært et nyttig hjelpemiddel, både i designfasen, og under rapportskrivningen. KI ble tatt i bruk når

det var problemer med koden, og når vi trengte ideer til utførelse. I rapporten har vi brukt KI som ett av to ledd i en dobbel-revisjonsprosess. Vi skrev først hele rapporten på 2330 ord. Deretter matet vi openAI sin tekstmodell ChatGPT avsnittene separat, med ledeteksten: «Vi er et utviklerteam fra videregående faget IT2. Vi har skrevet en rapport, og vil at du skal utvide og omformulere dette avsnittet til å bli mer faglig:» Dette har ført til en effektivisering av hele prosessen, samtidig som vårt eget preg skinner igjennom. Derimot ser vi hvordan dette kan påvirke integriteten til oppgaven. Det er ved den grunn at vi holder alt åpent om KI bruk. Vi ser også at mer teknisk skrevne avsnitt kan bli i overkant komplisert når vi ber KI om å gjøre dem mer faglige. Dette blir enda tydeligere i den neste delen av rapporten.

Mulig kommersialisering

Innledningsvis fremstår prosjektet som en innledende utforsking av næravstandsdeteksjon ved hjelp av en 3D-printet modell og en enkel lydsignalrespons. Imidlertid er det potensial for å utvide konseptet til en mer sofistikert applikasjon: autonome undervannsroboter for detaljert kartlegging av havbunnen. Disse robotene kunne, i teorien, operere i utfordrende marine miljøer for å gi data som for tiden er utilgjengelig.

Design og Konseptutvikling

Inspirert av den opprinnelige modellen, kan design og form av robotene reflektere den hydrodynamiske formen til en hval for optimal manøvrerbarhet. Dette kan muliggjøre effektiv navigasjon i trange eller vanskelige områder under vann.

Sensor- og Navigasjonssystemer

Basert på det grunnleggende sonarprinsippet allerede utnyttet, kunne videre utvikling inkludere presisjons-Sonar og andre navigasjonssensorer for å lage detaljerte topografiske kart og utføre vitenskapelige undersøkelser av utforskede områder.

Energi og Driftsevne

Mens den nåværende modellen er begrenset av kabler og nærhet til brukeren, kan fremtidige roboter utstyres med selvstendige energisystemer, som batterier eller miljøvennlige alternativer, for å tillate langvarige oppdrag.

Materialvalg for Varig Bruk

Materialene i den opprinnelige 3D-printede modellen vil bli erstattet med robuste, korrosjonsbestandige materialer egnet for lang tids bruk under havets utfordrende forhold. Materialene må ikke bare være trykk- men også varmeresistente. Dette er grunnet et ønske om eventuell utforsking av vulkanske områder og sprekker på dypt vann.

Markedet, Tall og statistikk

Undervannsroboter og kartlegging av havbunnen har blitt et voksende og dynamisk felt globalt, med teknologier som stadig utvikles for å imøtekomme behovene innen forskning, kommersiell utforsking og forsvar. Markedet for undervannsrobotikk opplevde en betydelig vekst, med en global markedsstørrelse verdsatt til USD 4,49 milliarder i 2022, og forventes å vokse med en sammensatt årlig vekstrate (CAGR) på 14,5% fra 2023 til 2030.

Fjernstyrte kjøretøy (ROV) utgjorde det største segmentet med en markedsandel på 79,8% i 2022, mens autonome undervannsfarkoster (AUV) forventes å vokse raskest med en CAGR på 17,9% i løpet av prognoseperioden. Denne veksten drives av økende etterspørsel og adopsjon for forsvarsapplikasjoner samt potensielt bruk i havbunnskartlegging, vannprøvetaking, polarisforskning og rørledningsinspeksjon.

Kommersiell utforsking utgjorde det største anvendelsessegmentet med en markedsandel på 39,6% i 2022, drevet av økende bruk i offshore olje- og gassutforsking samt underjordisk mineralutforskningsaktivitet. Undervannsrobotikk er en viktig teknologi som gruvefirmaer bruker for å utforske dyphavs mineralrikdom. For eksempel planlegger et kanadisk selskap, Nautilus Minerals, å utplassere undervannsroboter for å ekstrahere mineraler som gull, sølv og kobber på en dybde av 1600 m nær vannene i Papua Ny-Guinea.

Videre forventes vitenskapelig forskningssegmentet å vokse betydelig med en CAGR på 14,4% i løpet av prognoseperioden. Dette skyldes økende behov for kostnadseffektive, sikre og teknologisk avanserte systemer som kan bidra til å forstå planeten og takle globale utfordringer.

I Europa dominerte markedet og sto for den største inntektsandelen på 32,1% i 2022, mens Asia-Stillehavsregionen forventes å vokse raskest med en CAGR på 16,0% i løpet av prognoseperioden. Markedsveksten i Asia-Stillehavsregionen tilskrives

økende bruk av undervannsrobotikk i forsvar og olje- og gassutforskning i land som Kina, India, Sør-Korea og Japan.

Innen forsvar og sikkerhet er undervannsroboter avgjørende for militære applikasjoner som minendeteksjon og -rydding, ubåtovervåkning, undervannsrekognosering og anti-ubåtkrigføring. Undervannsroboter utstyrt med avanserte sensorer og kommunikasjonssystemer er essensielle for å forbedre maritim sikkerhet og opprettholde nasjonale strategiske interesser i det maritime domenet. (Grand View Research, 2021)

I sammenheng med Norge og dets ledende rolle i marine forskningsinitiativer, offshore industri og maritime forsvarsstrategier, representerer undervannsrobotikk og havbunnskartlegging viktige områder for videre teknologisk utvikling. Mens det spesifikke data om det norske markedet ikke ble funnet i denne gjennomgangen, reflekterer den globale trenden og teknologiens fremskritt en økende betydning og potensielle muligheter for Norge innen disse feltene.

Vi innser at noen av disse ideene er et stykke unna vårt produkt slik det står i dag. Derimot så har vi troen på hval1, som en første prototype i en potensiell lenger rekke progressivt avanserende sensorbaserte roboter.

Kilder

Grand View Research (2021) Underwater Robotics Market Size and Trends hentet den 08.03.2024 fra: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/underwater-robotics-market>

Dejan (U.Å) Ultrasonic Sensor HC-SR04 and Arduino – Complete Guide, hentet den 04.03.2024 fra: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/ultrasonic-sensor-hc-sr04/>

Github repository med alle filer: <https://github.com/Hallis1221/hval1/>

