



# Innhold

Innhold .....	1
1 - Innledning.....	2
2 - Hva er beacons .....	4
3 - Hvorfor beacons på museum? .....	5
3.1 - Lokasjonsbaserte teknologier .....	5
3.2 - Tidligere erfaringer med beacons.....	7
3.3 - Prosjektets mål .....	9
4 - Beacons - produkter, programvare og standarder.....	10
4.1 - Standarder og protokoller .....	10
4.2 - Leverandører av maskinvare .....	13
4.3 - Leverandører av programvare/ totalleverandører .....	13
4.3.1 - Totalleverandører av maskin-/ programvare .....	14
4.3.2 - Hyllewareapper.....	15
4.3.3 - Navigasjon.....	15
5 - Praktiske tester og undersøkelser .....	17
5.1 - Testkriterier for beacons.....	17
5.2 - Testresultater .....	18
5.2.1 - Fysiske og tekniske egenskaper .....	18
5.2.2 - Administrasjon av beacons .....	20
5.2.3 - Innholdsadministrasjon og utviklerværktøy .....	23
5.2.4 - Sikkerhet.....	25
5.3 - Generelle egenskaper - praktisk utprøving i utstillingen.....	26
5.3.1 - Nøyaktighet og responsivitet.....	26
5.3.2 - Posisjonsbestemmelse og navigasjon .....	40
5.4 - Brukerundersøkelse .....	42
6 - Sammendrag.....	48
7 - Diskusjon .....	50
8 - Konklusjon og veien videre .....	52
9 - Appendix .....	53
Appendix 1 - Nyttige lenker.....	53
Appendix 2 - Beacons, tekniske data og testkriterier.....	54
Appendix 3 - Testresultater .....	55
Appendix 4 - Brukerundersøkelse.....	69



# 1 - Innledning

Denne rapporten dokumenterer et prosjekt som ble igangsatt ved Norsk Teknisk Museum (NTM) våren 2015. Prosjektet er finansiert av Kulturrådet via museumsprogram for digital utvikling. Prosjektets mål var å utrede bruk av såkalte beacons som teknisk verktøy for å tilby stedsspesifikk informasjon til publikum i utstillinger. Utredningen ble avsluttet våren 2016 og var tenkt som første fase i et større prosjekt som har som langsiktig mål å tilby kontekstuell informasjon til museets besøkende.

Rapporten beskriver først bakgrunnen for prosjektet og teknologien som ble undersøkt. Videre gis det en oversikt over det kommersielle markedet for denne teknologien. Her nevnes både maskinvareleverandører og leverandører av ulike tjenester knyttet til beacons. Videre beskrives det ulike tester og eksperimenter som ble gjort i forbindelse med prosjektet for å få et inntrykk av hvor robust teknologien er og hva slags bruksmuligheter den har. Rapporten ser også på data fra en brukerundersøkelse som ble gjennomført for å kartlegge museums publikumets kunnskap om og interesse for mobile "apper". Til slutt oppsummeres og diskuteres funnene som ble gjort og det forsøkes å finne veien videre for museets bruk av beacons og lokasjonsbasert (stedsbunden) teknologi.

Rapporten peker på flere potensielle utfordringer når beacons skal tas i bruk i et museum. En beacon-installasjon består av et nokså komplekst system av maskin- og programvare og forutsetter valg mellom ulike standarder. Grunnleggende funksjonalitet med simpel interaksjon og få beacons kan være enkel å implementere og drifte. Dersom det skal tas i bruk mange beacons i et tett nettverk og som samtidig skal utvikles mot ulike plattformer, øker kompleksiteten i kravene til systemet. Samtidig øker risikoen for feil. En brukerundersøkelse viste at et flertall av museets publikum er interessert i lokasjonsbaserte tjenester på mobiltelefon under museumsbesøket. De fleste har også nyere smarttelefoner som kan utnytte teknologien. Undersøkelsen avdekker også et bredt spekter av mulige funksjoner som våre besøkende kunne tenke seg å bruke på sine mobiltelefoner under et museumsbesøk.

Rapporten konkluderer med at beacons og andre lokasjonsbaserte tjenester fortsatt er relativt unge teknologier. En kan vente stadige nyvinninger både på dette feltet spesielt og mobil teknologi generelt. Dette bør det tas hensyn til dersom et museum ønsker å utvikle slike tjenester. Det anbefales videre forskning på området og utprøving i konkrete, avgrensede prosjekter rettet mot utvalgte målgrupper.

Undersøkelser som denne rapporten baserer seg på ble gjennomført høsten 2015/ våren 2016. Forfatterne har så godt som mulig prøvd å oppdatere relevant informasjon underveis og tidfester i rapporten tidspunktet for når konkrete undersøkelser ble gjort. Teknologien utvikler seg raskt og leseren bes derfor være oppmerksom på at enkelte opplysninger kan være utdaterte.



## 2 - Hva er beacons

Teknologien, som vanligvis går under navnet beacons, eller "nettvarder" på norsk, ble først introdusert som kommersielt produkt av Apple i 2013 under navnet iBeacon<sup>1</sup>. En beacon er en liten enhet (gjerner batteridrevet, men også i form av enheter som plugges i en stikkontakt) som i et gitt tidsintervall sender ut et lite sett med data, bestående av en unik identifikator (ID) samt annen informasjon som er lagret i minnet. Denne informasjonen kan så leses og dekodes av en kompatibel mottaker, for eksempel en mobiltelefon eller et nettbrett. Mottakerenheten kan videre programmeres til å utføre en bestemt funksjon når et signal fra en beacon registreres. Hvis man setter en rekke beacons, for eksempel i en utstilling, kan det utføres forskjellige funksjoner, som å vise tekster eller spille av filmer/lyd når man beveger seg gjennom utstillingen. Hele mekanismen med radiosenderen som sender sitt signal i alle retninger ligner måten skip navigerer i havet på ved hjelp av fyrårn eller fyrlykter. Derav det engelske navnet beacons, som brukes videre i rapporten.

---

<sup>1</sup> <https://developer.apple.com/ibeacon/>

## 3 - Hvorfor beacons på museum?

En kritisk suksessfaktor i det moderne museet er hvorvidt det lykkes i å involvere og engasjere publikum. Besøkende skal ikke være passive betraktere av en installasjon, men heller involveres. Opplevelsen skal være noe de besøkende tar med seg etter at besøket er ferdig.

Ofte er museene i forkant av å bruke nye digitale verktøy for å nå disse målene. Noen forsøk på digital formidling har vært vellykket, andre forsøk har mislyktes, mens andre igjen er under kontinuerlig utvikling. Et stadig tema i disse forsøkene har vært driftsstabilitet og hvor relevant det er for publikum.

Mange prosjekter har resultert i vellykkede demonstrasjoner, men har ikke vært stabile nok i reell bruk til å kunne utgjøre gode formidlingsverktøy. Moderne digitale løsninger er ofte komplekse systemer der mange komponenter må fungere sammen. Det er derfor viktig å undersøke alle aspekter grundig for å avklare driftssikkerhet, kompatibilitet mellom enkeltsystemer og, ikke minst, hvor brukervennlige de er.

### 3.1 - Lokasjonsbaserte teknologier

En teknologi som det har vært stor interesse rundt de siste årene og som kan ha potensiale for nye formidlingsmetoder, er lokasjonsbaserte tjenester. Dette er teknologi som kan gi museumsgjestene opplevelser av den gjenstanden/utstillingen/kulturminnet de står ved siden av. Slik teknologi gir mulighet for at publikum kan undersøke temaene, personene og kontekstene de selv er interessert i, samtidig som det åpnes for nye former for interaksjon med andre besøkere og selve installasjonen. Kreativitet er eneste begrensningen her. Mulighetene inkluderer utvidede opplysninger om et objekt, mer detaljerte forklaringer av bakgrunn, flerspråklige tekster, interaktive opplegg for elever på ulike skoletrinn, interaksjon mellom besøkere, mulighet for å kunne styre elementer i en utstilling, mulighet til å bidra til utstillingen og mye mer.

Beacons er ikke den første og eneste teknologien som gir lokasjonsbaserte tjenester på mobile enheter. **Global Positioning System (GPS)** er allerede en forholdsvis gammel teknologi og bruken av GPS som navigasjonshjelp er blitt en standardapplikasjon på moderne smarttelefoner. GPS har dog en stor ulempe, og det er at det kun fungerer utendørs med fri sikt til satellittene som sørger for å beregne brukerens posisjon, noe som begrenser bruk innendørs.



**QR-koder** har vært i bruk i noen år nå og det har blitt gjort flere forsøk å bruke de i en museums kontekst, men det ser ikke ut til at de har blitt et standard redskap i formidlingen. QR-kodene krever nokså mye av brukeren - ta frem telefonen, starte kamera/appen, fokusere kameraet på koden og vente til koden gjenkjennes og et resultat vises. Det kan være en av årsakene til at denne teknologien er lite utbredt. Det brukes likevel fortsatt QR-koder ved enkelte bruksscenarier i andre sammenhenger, for eksempel ved registrering av billetter. Ved slike anvendelser der det kreves nøyaktig registrering/autentisering kan de være et nyttig alternativ.

**Near Field Communication (NFC)** har lenge vært en lovende teknologi for lokasjonsbasert formidling. Det finnes i dag NFC brikker implementert i de fleste mobiltelefoner, men dessverre er NFC ikke tilgjengelig for utviklere i Apples operativsystem iOS. Det er foreløpig låst til eksklusiv bruk i Apples eget betalingssystem. Det ryktes at dette skal endre seg etterhvert, men enn så lenge er det derfor ikke noe å satse på i forbindelse med mobiltelefoner annet enn til proprietære betalingsløsninger. Hvordan teknologien ellers kan brukes til å skape spennende interaksjon med publikum viser for eksempel den interaktive pennen til Cooper Hewitt museet i New York<sup>1</sup>.

Videre må også **Wifi** nevnes som en lokasjonsbasert teknologi. Et nettverk av Wifi-tilgangspunkter kan være egnet til å lage et kart over et område, og ved hjelp av måling av signalstyrken kan man plassere Wifi-mottakere omtrentlig på dette kartet og bruke denne informasjonen til å tilby lokasjonsbasert informasjon og navigasjonshjelp.

Ved siden av disse finnes det flere mindre utbredte tekniske løsninger som til dels fortsatt er på forsøksstadiet. Herunder hører satsninger fra store firma som Philips med sine intelligente lyspærer<sup>2</sup> og Googles *Project Tango*<sup>3</sup> som tar i bruk avanserte mobilkameraer som kan oppfatte rommet tredimensjonalt. I en lignende kontekst finnes det forskning på multisensor-lokasjonsbestemmelse som gjøres ved hjelp av de stadig flere sensorer våre telefoner er utstyrt med, som kompass, akselerometer, kamera osv. Andre igjen tar i bruk jordas magnetfelt for å lokalisere brukeren<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://www.cooperhewitt.org/new-experience/>

<sup>2</sup> <http://www.lighting.philips.com/main/systems/themes/led-based-indoor-positioning.html>

<sup>3</sup> <https://developers.google.com/project-tango/>

<sup>4</sup> <https://www.indooratlas.com/>

I dette landskapet plasserer beacons seg som et spennende alternativ som er potensielt enklere å interagere med enn NFC og QR-koder: Den besøkende må bare gå forbi en beacon og forutsatt at han har installert den tilhørende appen på telefonen vil det kunne utløses en handling, som å starte en film eller vise et bilde. Videre kan beacons plasseres fysisk et sted mellom NFC og QR-koder som forutsetter umiddelbar nærhet mellom sender og mottaker, og Wifi og GPS som fungerer over større avstander. På denne måten utfyller beacons eksisterende teknologier, samtidig som det også finnes potensielle alternativer.

### 3.2 - Tidligere erfaringer med beacons

Når idéen for dette prosjektet begynte å utvikle seg tidlig i 2015 kunne prosjektet allerede høste fra noen erfaringer andre museer hadde gjort med beacons, særlig i USA. I løpet av 2015/2016 har også flere museer i Norge begynt å ta i bruk beacon-teknologi og deres erfaringer er forsøkt innlemmet i dette dokumentet. Utover museene markedsføres bruk av beacons også mot andre store, offentlige bygg, som kjøpesentre, flyplasser eller sportsarenaer. Eksempler på slike brukssteder nevnes i kapittel 4.

Flere museumsprosjekter peker på muligheter teknologien har i formidlingen:

**Bristol Museum** vektlegger oppdagelsen av museet kombinert med interaktive spill for å få brukere til oppdage og undersøke museet og utforske ulike temaer. Brukermedvirkning har en viktig rolle i utviklingsprosessen.<sup>1</sup>

**National Museum Wales** bruker beacons i flere museer. National Slate Museum i Wales bruker beacons for å gi brukerne utdypende forklaringer av samlinger og veiledninger med multimediapresentasjoner. De har også vektlagt flerspråklighet i apputvikling.<sup>2</sup>

**Kew Gardens** har brukt beacons utendørs for å gi besøkende mer opplysning om hageanleggets ulike arter og anleggets historikk.<sup>3</sup>

**Brooklyn Museum** bruker denne teknologien som en del av en helhetlig digital strategi for brukerinvolvering. Beacons er brukt for å gi besøkende mer opplysninger om kunst og

---

<sup>1</sup> <http://www.labs.bristolmuseums.org.uk/category/hidden-museum/>

<sup>2</sup> <http://www.rfidjournal.com/articles/view?12487/>

<sup>3</sup> <https://jonpaullittle.wordpress.com/>





kunstnere. I tillegg samler de inn opplysninger om hva brukerne er interessert i, og gir brukerne mulighet til å stille spørsmål direkte til kurator og få svar innen få minutter.<sup>1</sup>

**Antwerp Museum** bruker beacons i en app fokusert på Rubens. Den viser opplysninger om enkelte objekter, konserveringsteknikker og en interaktiv quiz, alle basert på kunstverkene brukerne er i nærheten av.<sup>2</sup>

**Phillips Museum** i Eindhoven bruker beacons i et interaktivt spill rettet mot ungdom. Spillet har et tydelig fokus på innovasjonsprosesser og forklaring av teknologi rettet mot ungdom.<sup>3</sup>

Flere rapporter fra tidlige beacons-baserte prosjekter beskriver også tekniske utfordringer:

En tidlig rapport fra **The Metropolitan Museum of Art** konkluderer med at teknologien er lovende men peker på utfordringer om hvor nøyaktig teknologien er.<sup>4</sup>

**Brooklyn Museum** skriver om hvordan de slet med å få nøyaktige avstandsmålinger i appen de brukte og at de hadde problemer med å feste beacons på installasjonene.<sup>5</sup>

Samtidig med prosjektet i denne rapporten begynte flere andre museer i Norge å ta i bruk beacons. **Slottsfjellmuseet i Tønsberg** og **Museum Vest** ved Fjell festning startet i 2015 prosjekter innenfor museumsprogrammet Digital Utvikling som dette prosjektet også er støttet av. Slottsfjellmuseet hadde allerede tidligere lansert en beaconbasert museumsapp som var tilgjengelig for iOS-produkter, og skal i 2015/2016 videreutvikle den. Museum Vest planla en iOS-basert lydinstallasjon drevet av beacons, tilgjengelig på iPad` er til utlån. De samarbeider med Senteret For Nye Medier ved Høyskolen i Bergen som har forsket på bruk av beacons med spesiell fokus på lydinstallasjoner. Deres erfaringer stemmer på mange punkter overens med funn som beskrives senere i denne

---

<sup>1</sup> <https://www.brooklynmuseum.org/community/blogosphere/>

<sup>2</sup> <http://www.prophets.be/#/work/ibeacon/>

<sup>3</sup> <https://glimwormbeacons.com/about/mission-eureka/>

<sup>4</sup> <http://www.metmuseum.org/blogs/digital-underground/2015/beacons>

<sup>5</sup> <https://www.brooklynmuseum.org/community/blogosphere/2014/10/14/positioning-visitors-with-ibeacons/>

rapporten: Det var vanskelig å oppnå presis posisjonsinformasjon ved hjelp av beacons. Ved installasjonen på Fjell festning blir dette løst ved å registrere posisjonen kun i umiddelbar nærhet av en beacon og som brukeren blir bedt om å holde nettbrettet inntil.

### 3.3 - Prosjektets mål

På denne bakgrunn har NTM satt i gang et forprosjekt med mål om å utforske beacons som et verktøy for lokasjonsbaserte teknologier for bruk i digital formidling i utstillingene.

Spørsmål som ble vurdert nødvendig å undersøke er:

- **Hvilke løsninger finnes på markedet når det kommer til maskinvare i form av beacons og tilhørende programvare og tjenester? Hva må museene være oppmerksomme på når slike produkter og tjenester skal kjøpes?**
- **Hvilke tekniske muligheter og begrensninger har beacons når de skal tas i bruk i en praktisk museums kontekst?**
- **Hvor står museets brukere i forhold til formidling av informasjon via en mobil app? Har de nødvendig teknisk utstyr og kompetanse til å bruke det? Hva ønsker de av informasjon og innhold i en app?**

De følgende kapitlene tar sikte på å få svar på disse spørsmålene.



## 4 - Beacons - produkter, programvare og standarder

I dette kapitlet skal det først gis en liten oversikt over markedet for beacons i 2015/2016. Det beskrives ulike standarder som finnes for å kommunisere med enhetene og det gis noen eksempler på leverandører av beacons-relaterte produkter og tilhørende programvare. Denne rapporten beskriver kun et utvalg leverandører. Dersom man ønsker en mer komplett oversikt finnes det en omfattende bransjekatalog hos <https://www.proxbook.com>.

### 4.1 - Standarder og protokoller

Den underliggende teknologien som beacons baserer seg på er *Bluetooth Low Energy*-protokollen (BLE). Dette er en utvidelse av *Bluetooth 4.0*-standarden, som brukes i trådløse hodetelefoner og andre apparater. Begge to opererer i samme frekvensområde og rekkevidden er omtrent den samme (opptil 100m). Samtidig er det fokus på lavere energiforbruk og billigere komponenter ved BLE. Dette blir blant annet oppnådd ved å begrense båndbredden for data som kan overføres. BLE er således laget for mindre datamengder enn Bluetooth 4.0-standarden.

Uten å gå i detalj på hva BLE-standardens består av, kan det oppsummeres i korte trekk at den definerer protokoller for både enveis- og forbindelsesorientert kommunikasjon.

I 2013 presenterte Apple **iBeacon**, ikke som et fysisk produkt men som en proprietær standard som bruker enveis-sendemodellen til BLE. Protokollen definerer en meldingsstruktur som sendes ut av en beacon i gitte intervaller. Det er denne definisjonen, i tillegg til et par andre parametere som signalstyrke og sendeintervall som gjør at en BLE melding er en iBeacon melding og videre at en BLE sender blir en iBeacon. En iBeaconmelding kan for eksempel se slik ut<sup>1</sup>:

---

1 02 01 06 1A FF 4C 00 02 15: iBeacon prefix (fixed except for 3rd byte - flags)

---

2 B9 40 7F 30 F5 F8 46 6E AF F9 25 55 6B 57 FE 6D: proximity UUID  
(here: Estimote's fixed UUID)

---

3 00 49: major

---

4 00 0A: minor

---

<sup>1</sup> <http://www.warski.org/blog/2014/01/how-ibeacons-work/>

Tallet i første raden (*prefiks*) angir her at meldingen som følger er en iBeaconmelding. Tallene i rad 2-4 utgjør til sammen en fleksibel måte å identifisere en beacon på. *Universally unique identifier* (UUID) er gjerne et produsentspesifikt nummer, *major* kan brukes til å samle flere beacons innenfor en gruppe (for eksempel en utstilling/ ett museum) og *minor* kan identifisere én enkel beacon i en gruppe. Tallet i siste raden er en indikasjon på signalstyrken til beaconenheten og det kan brukes til å regne ut avstanden mellom beacon og mottaker. I kapittel 5 belyses det grundigere hvordan dette fungerer i praksis.

Videre definerer iBeacon-standarden at en datapakke skal sendes ut med et fast intervall på 100ms og at sendestyrken og frekvensen skal være stabil over tid.

Siden en iBeaconmelding er en datapakke som kringkastes åpent ved hjelp av BLE protokollen, er denne teknologien derfor ikke begrenset til bruk i Apples produkter. Alle enheter som er kompatible med BLE kan motta og behandle signalene. Dette gjelder de fleste nyere smarttelefoner og nettbrett med Bluetooth. Apple var først ute med iPhone 4S i 2011<sup>1</sup>. Android implementerte BLE-support i versjon 4.3 som kom på markedet i 2013<sup>2</sup>. Microsoft la til støtte for BLE i Windows Phone 8.1, men det ble først praktisk brukbart i forbindelse med beacons med versjon 10<sup>3</sup>.

Å ta iBeacons i bruk på tvers av ulike plattformer er dog forbundet med noen utfordringer. En del av Apples system er et godt utviklet Software Development Kit (SDK) som tilbyr en rekke funksjoner som gjør det enklere for utviklere å lage applikasjoner for iOS- enheter som kommuniserer med iBeacons. Hvis man ønsker å utvikle dette for andre operativsystemer har det vært utfordringer knyttet til valg av programvare. Apples restriktive holdning til patenter og varemerker gjør at det ikke finnes en offisiell integrasjon av iBeaconformatet i operativsystemet som brukes i androidenheter.

---

<sup>1</sup> <http://www.engadget.com/2011/10/12/iphone-4s-claims-title-of-first-bluetooth-4-0-smartphone-ready/>

<sup>2</sup> <http://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le.html>

<sup>3</sup> <http://stackoverflow.com/questions/30035696/beacons-in-windows-10>



iBeaconsignalet kan riktignok enkelt fanges opp av androidenheter, og siden det er basert på BLE standarden kan Android også dekode det. For å utvikle en app måtte androidutvikleren bruke bluetoothprotokoller på lavere abstraksjonsnivå. Dette gjør applikasjonsutvikling betraktelig mer komplisert i androidsystemet enn i iOS. Det har vært gjort forsøk å gjøre beaconspesifikasjoner mer tilgjengelig, blant annet ved **AltBeacon**<sup>1</sup>, et bibliotek basert på åpen kildekode som utvikles av Radius Networks.

For å gjøre valgene ytterligere kompliserte lanserte Google sommeren 2015 enda en ny beaconprotokoll: **Google Eddystone** er et åpent beaconformat som støtter både Android og iOS. Denne standarden implementerer flere nye funksjoner med stort potensial. For det første er det i motsetning til iBeacon en åpen protokoll, og Google har allerede laget verktøy som gjør det enkelt å utvikle både mot Android og iOS. Videre har Google delt opp datapakkene som en beacon sender ut i flere *rammer* med data. En Eddystonebeacon kan sende én eller flere av disse rammene etter behov.

Den første rammen kalles *Eddystone-UID*, og den ligner på Apple sin identifikasjonsløsning med UUID og major/minor verdier. Google på sin side bruker en enkel streng på 16 tegn som settes sammen av et navneområde på 10 tegn og en enhet-ID på 6 tegn.

Videre definerer Google rammen *Eddystone-URL*. Dette er en vanlig URL, altså en adresse for en nettside. Dette betyr at det kan bli mulig å bruke beacons helt uten spesiellagde apper: Dersom nettleseren på telefonen støtter Eddystone vil denne URL-en kunne brukes direkte fra den. Google kaller dette samspillet mellom nettleser og beacons for "Physical web"<sup>2</sup>. Per i dag er Eddystonestøtte tilgjengelig i Chromes nettleser for Android og iOS, samt Opera på Android og noen eksperimentelle nettlesere. Det blir spennende å se om eller når andre nettlesere implementerer støtte for Eddystone. Et eksempel på et prosjekt som tar i bruk denne teknologien er vardevandringen som Sør-Troms Museum har utviklet i samarbeid med studenter fra Høgskolen i Oslo og Akershus.<sup>3</sup>

Videre finnes det rammene Eddystone-TLM, som kan brukes til å sende telemetrisk data, som batteristatus og omgivelsestemperatur, og Eddystone-EID, som kan brukes til å lage sikre Eddystoneapplikasjoner.

---

<sup>1</sup> <http://altbeacon.org>

<sup>2</sup> <https://google.github.io/physical-web>

<sup>3</sup> <http://varv.no>

I tillegg til de ulike beaconspesifikasjonene har også beaconprodusentene egne verktøy som forenkler programmering mot beacons. Disse utviklerverktoyene støtter ulike standarder som iBeacon og Eddystone og legger til nye lag med funksjoner, som administrering av beacons, sikkerhetsløsninger m.m. Detaljer om slike verktøy beskrives i forbindelse med gjennomgangen av tester av ulike beacons i kapittel 5.

## 4.2 – Leverandører av maskinvare

Fysiske beacons fås kjøpt i alle mulige former og fasonger, og det finnes nå rundt et dusin produsenter av enkle batteridrevne beacons – alt fra startupbedrifter som Kontakt og Estimote til store chip-produsenter som har kastet seg på bølgen, som Gimbal (et varemerke av Qualcomm konsernet). Kapittel 5 i denne rapporten ser nærmere på to utvalgte typer batteridrevne beacons. For en oversikt over leverandører anbefales igjen bransjenettstedet <https://www.proxbook.com>.

I tillegg til standardproduktene finnes det en rekke andre muligheter for mer kreativ bruk av beacons sammen med annen maskinvare. Det finnes USB adaptere som plugges i en datamaskin som dermed blir en beaconsender. Slik kan for eksempel en Raspberry Pi enkelt settes opp til å fungere som en beacon<sup>1</sup>. For Arduinoplattformen finnes det tilleggsutstyr som settes på Arduinoen og gjør den om til en BLE sender. Ved siden av de kreative mulighetene man får med dette kan slike produkter også være relevant dersom man ønsker å være uavhengig av regelmessig batteriskift. Andre produkter er såkalte wearables – beacons som er så små at de kan festes på en person, eller tilbehør som Kontakt.ios "Cloud Beacon", et produkt som overvåker og rapporterer fra en flåte med beacons. De som har nødvendig kunnskap kan nå lage sine egne systemer, basert på beacons med åpen kildekode.<sup>2</sup>

## 4.3 - Leverandører av programvare/ totalleverandører

Det er flere faktorer som tilsier at utvikling av egne museumsapper som tar i bruk beacons kan by på en del utfordringer. Appen skal fungere mot ulike operativsystemer og det er flere praktiske utfordringer som oppstår i interaksjon med beacons som denne rapporten vil vise i kapittel 5 når beacons testes i en praktisk kontekst. Det bør derfor vurderes om man trenger å bygge en app "fra scratch", eller om man kan bruke en allerede utviklet løsning som det etterhvert finnes mange av. Videre finnes det leverandører som har som

---

<sup>1</sup> <http://store.radiusnetworks.com/collections/all/products/pibeacon>

<sup>2</sup> <http://ruuvitag.com>



mål å levere både maskin- og programvare i en totalløsning. Denne rapporten skal her gi en om noe ufullstendig oversikt over ulike leverandører og deres verktøy som kan bidra ved utviklingen av en mobilapp.

### 4.3.1 - Totalleverandører av maskin-/ programvare

Flere leverandører satser etterhvert på å tilby komplettløsninger, fra beacon-maskinvare til komplette programvareløsninger for apputvikling, administrasjon og overvåking av beacon-installasjoner. En av disse er Norske **Fluxloop**<sup>1</sup> som tilbyr beacons og en komplett programvareløsning under navnet Pinch. Firmaet tilbyr også konsulenttjenester innen utvikling og konfigurering av installasjoner. De har Dyreparken i Kristiansand og Clear Channel som kjente referansekunder. Clear Channel har blant annet tatt i bruk beacons som markedsføringsverktøy på ulike kjøpesentre<sup>2</sup>. Også på Ullevål Stadion i Oslo er det blitt installert beacons<sup>3</sup>. Andre leverandører i samme segment er for eksempel **Mobstac**<sup>4</sup>, **Sensorberg**<sup>5</sup> og **Meridian**<sup>6</sup>. Spesielt sistnevnte tilbyr en del interessante løsninger: For det første har de en app som tilpasses selv av brukeren med egen grafisk utforming og innhold uten at det kreves programmeringskompetanse. For det andre hevder de å kunne tilby *turn-by-turn* navigasjon og såkalt *blue dot* posisjonering på innendørskart kun ved hjelp av beacons.

Alle de nevnte firmaene leverer også egne beacons, men det er kun Sensorberg som hevder å være "beacons-agnostic", som altså vil kunne fungere med beacons av ulike produsenter. Sensorberg er også de eneste som tilbyr utviklerverktøy mot Windows 10. De andre har ifølge deres nettsider kun løsninger for iOS og Android.

---

<sup>1</sup> <http://fluxloop.com>

<sup>2</sup> <http://fluxloop.com/case-studies/clear-channel-og-pinch-i-kjopesentra/>

<sup>3</sup> <http://link.no/slik-ble-ullevaal-smart-vi-ble-med-pa-a-installere-beacons/>

<sup>4</sup> <http://www.mobstac.com>

<sup>5</sup> <https://www.sensorberg.com>

<sup>6</sup> <http://meridianapps.com>

### 4.3.2 - Hyllevareapper

Flere firmaer har spesialisert seg på hyllevare-apper som interagerer med beacons og som kan tilpasses i design- og funksjonalitet av den enkelte kunden uten programmeringskompetanse. Enkelte av disse firmaene har museer som referansekunder. Eksempler på slike firmaer er:

- **Beacondo**<sup>1</sup>: Appen fra Beacondo ble, i forbindelse med dette prosjektet, testet i en gratisversjon høsten 2015. Gratisversjonen har begrensinger i antall beacons den kan forvalte og den genererer et synlig vannmerke i appen. Testen konkluderte med at programmet fungerte bra til å lage et enkelt grensesnitt med ulike visninger av tekst og bilder. Det var mulig å definere forskjellige handlinger appen skulle gjøre ut fra hvor langt unna brukeren var en beacon. Her var det vanskelig å få til et konsistent handlingsmønster - appen oppførte seg veldig uforutsigbart og ga ulike resultater med ulike telefoner.
- **Labwerk**<sup>2</sup>: Nederlandske Labwerk har en egen beaconbasert app skreddersydd for museer: mApp. Slottsfjellmuseet i Tønsberg har tatt i bruk denne i sin museumsapp.
- **Cuseum**<sup>3</sup>: Boston-baserte Cuseum har i likhet med Labwerk en app som er spesialisert på museumsbruk. Appen tilbyr blant annet innholdsstyring, omvisninger, kart m.m. Cuseum hadde i 2015 et større pilotprosjekt i samarbeid med flere museer, men det er lite informasjon å finne om denne appen er i daglig bruk utover tidlige pilotprosjekter.

### 4.3.3 - Navigasjon

Andre leverandører igjen spesialiserer seg på kun en spesiell funksjon innen lokasjonsbaserte tjenester. En av de største utfordringene er å lokalisere brukeren nøyaktig i et lokale for å tilby for eksempel karttjenester. Leverandører som **Wifarer**<sup>4</sup> tilbyr komplette løsninger for å lage innendørs kart og implementasjon av disse i tredjeparts applikasjoner. De bruker beacons og Wifi-aksesspunkter, enten sammen eller hver for seg,

---

<sup>1</sup> <http://www.beacondo.com>

<sup>2</sup> <http://labwerk.com>

<sup>3</sup> <https://cuseum.com>

<sup>4</sup> <http://www.wifarer.com>





lager mobilvennlige kart av kundens plantegning og leverer en app som lager såkalte fingerprints av radiosignalene fra beacons og Wifi, slik at disse kan brukes til å lokalisere brukere (mer om denne teknologien senere). Dataene fra denne prosessen kan så brukes i en tredjeparts- app. Andre som leverer lignende tjenester er **Accuware**<sup>1</sup> og **Senionlab**<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://www.accuware.com>

<sup>2</sup> <https://senionlab.com>

## 5 - Praktiske tester og undersøkelser

Det følgende kapittelet beskriver ulike tester og undersøkelser som har blitt gjort i dette prosjektet med det formål å vurdere hvorvidt beacons vil kunne brukes i stor skala i utstillinger.

Det beskrives først et sett med testkriterier som kan være en praktisk rettesnor når man skal gå til innkjøp av beacons. Videre brukes disse kriteriene i vurderingen av to konkrete typer beacons.

Avsnitt 5.3 kaster lys på mer overordnede problemstillinger som gjelder beacons generelt. Hvor nøyaktig er avstandsinformasjonen som telefonene registrerer fra beacons og hva skjer når signalene forstyrres, for eksempel av fysiske hindre? Hvor raskt kan en app reagere på signalene fra beacons, altså hvor responsiv oppleves appen når en beveger seg gjennom en utstilling? Disse spørsmålene blir undersøkt ved hjelp av en testapplikasjon som tar opp signaler fra beacons og som på den måten gir måledata for å kunne analysere telefoners respons på beacons i ulike settinger.

Til slutt undersøkes data som ble samlet i forbindelse med en brukerundersøkelse blant NTMs publikum: Hva tenker museets besøkende om mulighetene beaconteknologien gir? Har de telefoner som kan kommunisere med beacons og er de villige og interesserte i å ta denne teknologien i bruk?

### 5.1 - Testkriterier for beacons

Når undersøkelser av beacons startet i 2015 ble det raskt tydelig at denne teknologien utvikler seg ekstremt raskt. For eksempel har begge firmaene som lager beacons som ble testet kommet med nye, forbedrede utgaver kort tid etter at testene ble gjennomført. Det ble derfor vurdert som unyttig å teste store mengder ulike beacons opp mot hverandre. Det ble heller valgt å konsentrere arbeidet på å identifisere relevante kriterier for teknisk vurdering av beacons. Disse kriteriene skal kunne brukes som verktøy for en generell vurdering av beacons i en konkret innkjøpssituasjon.

Prosjektet har hatt to hovedfokusområder: For det første er det tekniske funksjoner og egenskaper som gir et inntrykk av hvor robust utstyret er i praktisk bruk. Relevante faktorer her er materialvalg, radiorekkevidde, batterilevetid osv.

Videre er det viktig å kunne administrere beaconenhetene på en enkel og oversiktlig måte. Derfor ble programvarepakken som følger med fra leverandørene testet og vurdert. Disse



består av verktøy for administrasjon av beacons og innholdsstyring, og programmeringsverktøy for utviklere av applikasjoner for beacons.

Testkriteriene og tekniske data er lagt ved som tabell i Appendix 2.

## 5.2 - Testresultater

### 5.2.1 - Fysiske og tekniske egenskaper

Det første settet med Beacons som ble levert museet kom fra det polsk/amerikanske



Figur 1: Estimote beacons

firmaet **Estimote**<sup>1</sup>. Firmaet var et av de første å tilby beacons og de har i tillegg vært flinke med markedsføring. Estimotes markant utformede beacons er synlige i mange nyhetsoppslag om temaet.

Vårt "Development Kit" består av tre små silikonklosser formet som små stein og som kommer i tre ulike

farger. Når man kjøper større kvanta kan man ifølge Estimote også spesialbestille flere ulike farger. Leverandøren påstår videre at de er vanntette og at de kan brukes utendørs. Dog vil batterilevetiden reduseres ved omgivelsestemperaturer under -10 eller over 60 grader Celsius, og det ble ikke funnet opplysninger om denne værbeskyttelsen følger en gitt standard (*International Protection* (IP) merking). Estimote beacons leveres med limfolie på undersiden, slik at de enkelt kan limes fast på de fleste glatte flater. I dette prosjektet ble ikke holdbarheten testet over lang tid men andre steder er det blitt rapportert om problemer med limet<sup>2</sup>.

Andre igjen har prøvd å åpne en beacon fra Estimote<sup>3</sup>. Det har vist seg at silikonskallet er limt fast på undersiden slik at det å skifte batteri blir en håpløs oppgave. Det hele er altså et

---

<sup>1</sup> <http://estimote.com/>

<sup>2</sup> <https://www.brooklynmuseum.org/community/blogosphere/2015/02/04/the-realities-of-installing-ibeacon-to-scale/>

<sup>3</sup> <http://beekn.net/2014/02/problems-estimote/>

produkt laget for «bruk-og kast» og må påberegnes å erstattes senest etter den angitte levetiden på tre år. Slik begrenset levetid av utstyr er dessverre vanlig i IKTbransjen og miljøperspektivet kan diskuteres. En annen sak er hvordan leverandøren stiller seg dersom feil skulle oppstå etter kortere tid. Det har for eksempel blitt rapportert om rask utladning av batteriet ved noen tidlige varianter pga. feil i firmware. Det rapporteres om at brukere ved tidligere tilfeller er blitt bedt om å skjære opp silikonskallet, ta ut elektronikken og få et gratis nytt skall fra Estimote<sup>1</sup>.

Estimotes beacons leveres med CR2477 knappecellebatterier som har en kapasitet på 1000mAH. Det er vanskelig å definere gode sammenlignbare tall for å beskrive batterikapasiteten til beacons siden den er avhengig av innstillinger som sendestyrke og intervall. Estimote angir en levetid på 2,5-3 år ved "vanlig" bruk. En tredjeparts sammenligningstest ga Estimote en noe lavere levetid med 21,4 måneder ved sendestyrke på -12db og 645ms intervall, noe som kan regnes som "vanlig" bruk<sup>2</sup>.

Også det andre settet med beacons som ble testet kommer fra et polsk firma - **Kontakt.io**<sup>3</sup>. De har en litt annen designfilosofi. Deres beacons er white label-produkter som kunden skal kunne tilpasse til deres egen visuelle profil.

Kontakt "smart beacons" er laget i harde plastbokser på ca. 5x5cm. De skrå og avrundede kantene gjør at beacons ligner på taster på et datatastatur. Prøvesettet er i hvitt med Kontakts logo trykket på oversiden. Men her er det som sagt muligheter for å utforme utseende etter eget ønske med egen logo og å få produsert skallet i forskjellige farger, både standardfarger og på forespørsel også Pantone-farger. I likhet med Estimotes beacon er også disse vann- og støvtette, og de skiltes i tillegg med en IP-57-klassifisering. For de som trenger enda mer robust utstyr har Kontakt laget en "Tough Beacon", som er sertifisert vanntett opp til 10 meter og i tillegg både UV- og vibrasjonsresistent.



Figur 2: Kontakt beacon

<sup>1</sup> <https://community.estimote.com/hc/en-us/articles/202552866-How-to-optimize-battery-performance-of-Estimote-Beacons->

<sup>2</sup> <http://www.aislelabs.com/reports/beacon-guide/>

<sup>3</sup> <http://kontakt.io>

Det følger ikke med festeanordninger til Kontakts beacons. Her vil man måtte finne på løsninger selv. Siden det er lagt opp til enkelt batteribytte ved å jekke av undersiden av dekselet vil det være nærliggende å bruke for eksempel borrelåstape til feste. Å åpne skallet går enkelt med en skruetrekker eller kniv slik at batteribytte kan gjennomføres rimelig raskt.

Innmaten er ellers ganske lik Estimotes beacon, med samme prosessor og Bluetooth-chipsett. Kontakts beacon mangler dog ekstra sensorer for temperatur og akselerometer som Estimotes beacons har innebygget. Kontakt opplyser på sine nettsider at de kan installere sensorer på forespørsel<sup>1</sup>.

Kontakts smart beacon leveres også med samme CR2477 knappecellebatteri og forventet levetid er dermed nokså likt med 2 år angitt av leverandør, eller 24,3 måneder i en uavhengig test av Aislelabs<sup>2</sup>.

### **5.2.2 - Administrasjon av beacons**

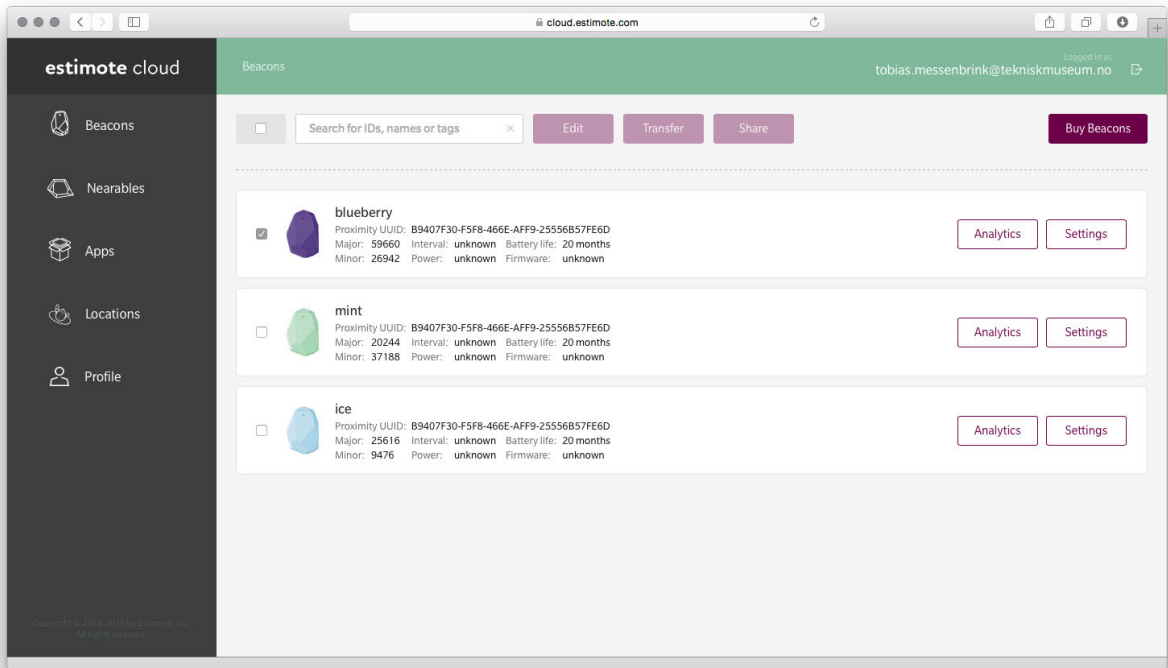
Hvis man tar sikte på å lage en større installasjon med beacons kan antallet utplasserte enheter fort komme opp i en uoversiktlig stor mengde. Da blir det essensielt å ha gode verktøy for å administrere og overvåke dem. Her beskrives det hva slags verktøy som leveres med de ulike beacons og det vurderes hvorvidt disse verktøyene forenkler jobben.

Estimotes beacons leveres med et omfattende sett med tilhørende programvare for administrering og apputvikling. Ved kjøp blir man automatisk registrert med en Estimote Cloud-konto, der man har oversikt over beacons man eier.

---

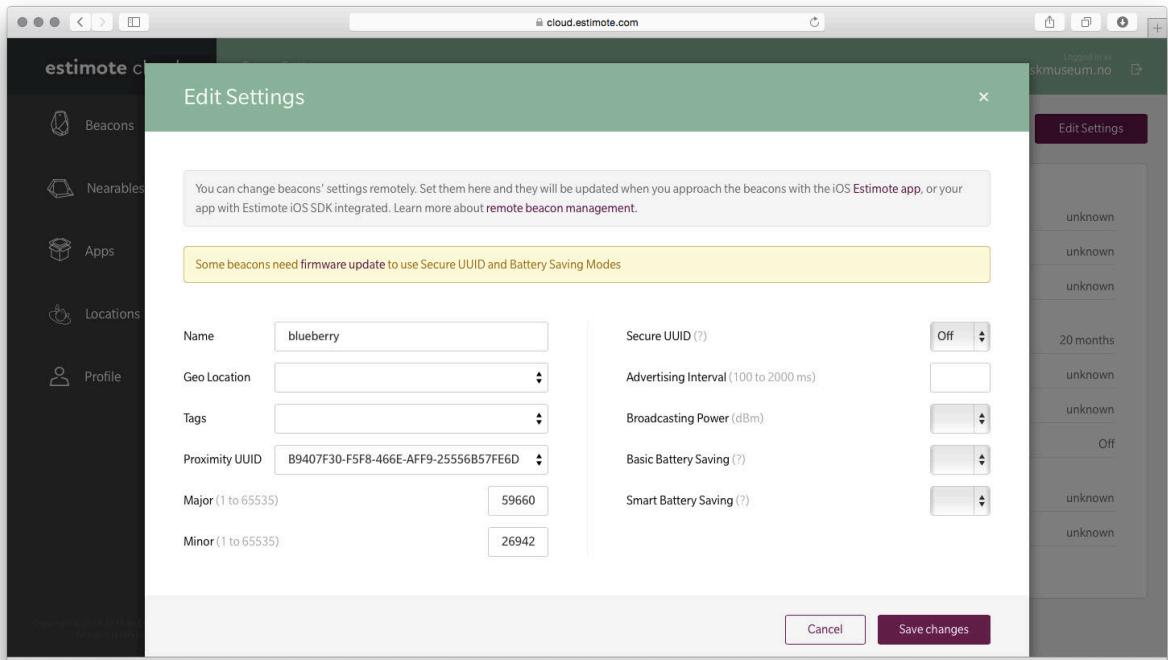
<sup>1</sup> <https://support.kontakt.io/hc/en-gb/articles/201349752-Do-Kontakt-io-Smart-Beacons-support-sensors->

<sup>2</sup> <http://www.aislelabs.com/reports/beacon-guide/>

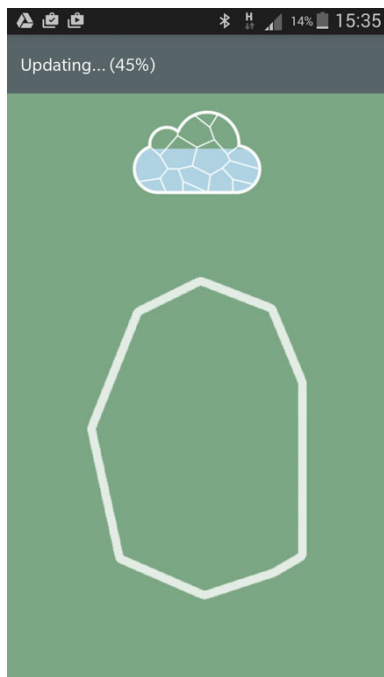


Figur 3: Oversikt over beacons i Estimote Cloud

Her kan man holde oversikt over egne beacons og justere innstillinger, som UUID, MAX og MIN verdier.



Figur 4: Redigering av beacon parametre i Estimote Cloud



Figur 5: Oppdatering av beacons via Estimote-appen

Nettsiden fungerer i samspill med Estimote-appen som er tilgjengelig for iOS og Android. Imidlertid er det slik at endringer gjort på nettsiden først blir oppdatert i beaconene via en mobil enhet som sender oppdateringene via Bluetooth. Dette samspillet fungerte ikke helt optimalt da det ble testet i august 2015.

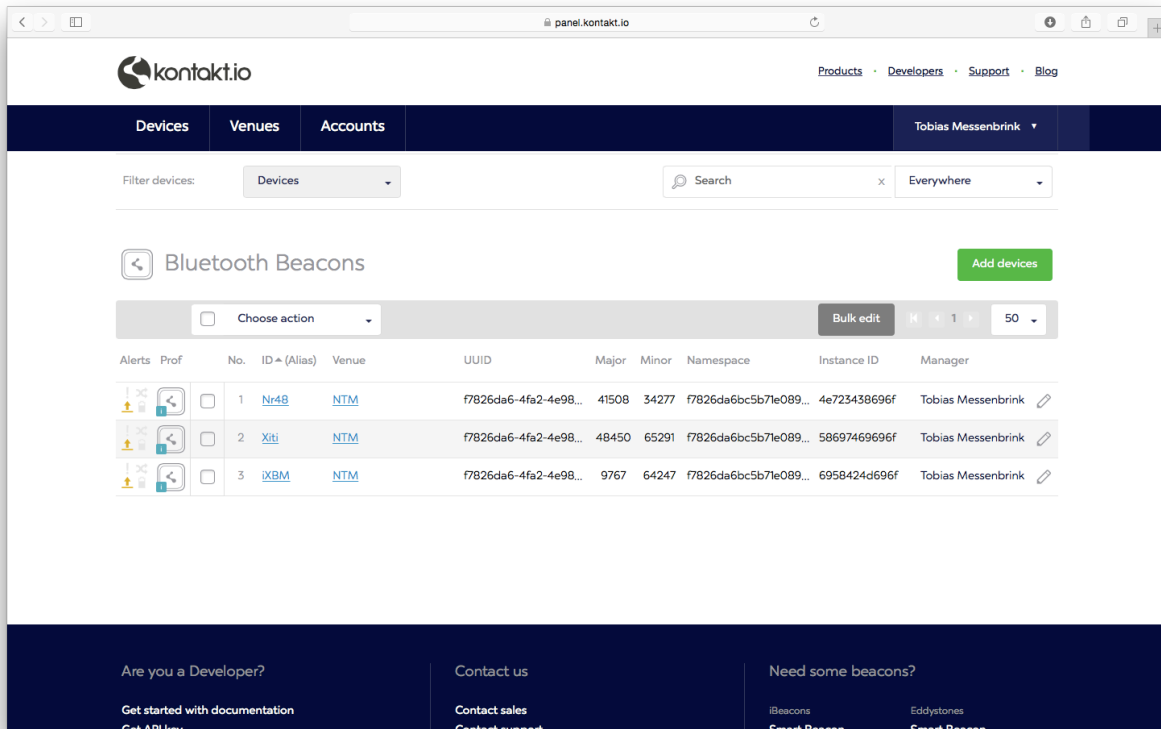
For det første ser Android-versjonen av appen ut til å henge litt etter i utviklingen, og flere avanserte funksjoner, som lesing og kalibrering av temperatursensor og akselerometer, var ikke implementert.

Det tok også litt tid å få registrert endrede innstillinger for de enkelte Beaconene. Både appen og Estimote Cloud-nettsiden fremsto som noe uferdig når det kommer til brukervennlighet. Det var blant annet lite visuell feedback når en handling ble utført, slik at det var uklart om eller når en

Beacon ble oppdatert med nye innstillinger, både på nettsiden og i appen.

Bortsett fra dette fungerte programmene tilfredsstillende. Alle grunnleggende innstillinger for beacons kunne endres, i tillegg var det muligheter for batch-redigering av flere Beacons, sikkerhetsinnstillinger og forskjellige plan for forbedring av batterilevetid. Det fungerte også greit å oppdatere firmware på Beacons ved hjelp av appen. Det første settet med Beacons som ble testet hadde opprinnelig ikke støtte for Google Eddystone, men dette ble levert senere med en oppdatering.

Kontakt har en lignende tilnærming til administrasjon av beacons. Også her får man som kunde tilgang til en løsning i nettskyen der man automatisk får eierskap over de beacons man har kjøpt. En fordel med Kontakts løsning fremfor Estimote er den mer organisasjonsrettede profilen. Mens Estimotes løsning er knyttet til en personlig brukerkonto, har man hos Kontakt mulighet til å administrere ulike brukere med tre tilgangsnivåer.



Figur 6: Administrasjon av beacons i Kontakts kontrollpanel

Også Kontakt har en egen app for overvåking og oppdatering av beacons fra mobile enheter. Denne appen finnes for Android og iOS. Også her er androidappen litt mangelfull. Det var på testtidspunktet i januar 2016 ikke mulig å oppdatere beacons fra androidutgaven.

Ellers fungerer Kontakts løsning på en lignende måte som Estimote. Man kan oppdatere innstillinger på administrasjonssiden i nettskyen eller i appen. Oppdateringer skjer automatisk når telefonen er i nærheten av en beacon. Oppdatering av beacons opplevdes som noe enklere enn hos Estimote. Appen og administrasjonssiden var raskere til å vise oppdateringer. Kun ved en anledning under utprøvingen skjedde det at appen etter sigende gjorde et uautorisert forsøk på å kommunisere med en beacon, den ble dermed låst for 20 minutter som et sikkerhetstiltak.

### 5.2.3 - Innholdsadministrasjon og utviklerværktøy

Ved siden av administrasjon av grunnleggende innstillinger og overvåking trengs det også verktøy for å administrere innholdet som er knyttet til hver enkelt beacon. Det er gode grunner til at slik innhold ikke bør lagres i mobilappen som installeres på de besøkenes telefoner. Dette hadde ført til at brukerne måtte oppdatere appen for hver gang det ble



gjort forandringer på stedet. Det er en bedre løsning at informasjonen lagres på nett og at brukeren laster ned data ved behov. Det er nok ikke hovedfokus for hardware-leverandørene å tilby løsninger for innholdsadministrasjon, men Kontakt har et enkelt verktøy som kan være nok for mange brukstilfeller<sup>1</sup>.

Det som er felles for begge leverandører er at de tilbyr utviklerverktøy for applikasjonsutvikling og *Application Programming Interface* (API) for tilgang til administrasjon av beacons. Det sistnevnte gjør det for eksempel mulig å bygge inn overvåking av beacons i egen app, og på den måten la publikummet indirekte gjøre jobben med å overvåke beacons og rapportere det til et eget administrasjonssystem.

Begge leverandører har også egne SDKer for utvikling av Android- og iOS apper, men ikke for Windows.

Estimote tilbyr altså ikke egne verktøy for innholdsadministrasjon, men har gode verktøy for utvikling av applikasjoner i Android og iOS. Disse støtter både grunnleggende overvåkingsfunksjoner av beacons samt mer avanserte metoder, som å endre innstillingene, oppdatere firmware eller sjekke batteristatus. Metodene som er tilgjengelige håndterer også skanning av Eddystonebeacons og håndtering av telemetridata fra nyere "location Beacons". For iOS finnes det også et eget IndoorLocation SDK som skal gjøre det enkelt å bestemme posisjonen av en mobil enhet i forhold til et sett med beacons på et kart.

I tillegg til utviklerverktøy for apper som er tilgjengelige i de respektive plattformtilpassede programmeringsspråk for Android og iOS, tilbyr Estimote et API for å interagere med Estimote Cloud. APIet er et Restful API som støtter OAuth og leverer svar i Json format. APIet gir tilgang til bruksdata for beacons, samt metoder for å lese og skrive data til beacons. Det kan dermed brukes for eksempel til å lage et eget CMS for et beacon prosjekt.

Kontakt tilbyr på lik linje med Estimote en pakke av SDK for Android og iOS, og Restful API for beaconadministrasjon. På mange måter virker Kontakts løsning noe mer komplett enn Estimotes. For det første tilbyr SDKet såkalte "actions", det vil si innhold i form av URL til en nettside eller en nedlastbar fil som assosieres til hver enkel beacon i skyen og som enkelt kan hentes fra en tilknyttet mobilapp. Dermed kan man i prinsipp lage et komplett

---

<sup>1</sup> <http://beekn.net/2013/12/kontakt-ibeacons-with-content-management-system/>

beaconsprosjekt kun med Kontakt sitt verktøy og app. For det andre er Kontakts API mer omfattende med blant annet mer detaljert bruksanalyse og "tasks" som lar brukeren tidsstyre handlinger for beacons.

#### 5.2.4 - Sikkerhet

Beacons har en grunnleggende sikkerhetsutfordring: Fordi datapakken sendes åpent via radiobølger kan en tredjeparts app fange opp informasjonen. Dermed kan informasjonen kopieres til en annen beacon (såkalt "spoofing") eller henge seg på ("piggybacke") en eksisterende beacon slik at en besøkende på et museum vil kunne få opp uønsket reklame fra en tredjeparts-app.

Et annet problem er at beacons tradisjonelt kommuniserer åpent med enhetene rundt. Dette medfører at en inntrenger potensielt kan fange opp passordet som blir brukt til å kommunisere med en beacon og på den måten ta over kontrollen over installasjonen.

Virkelig store sikkerhetsutfordringer blir ikke dette før man begynner å håndtere sensitive data og prosesser. Det er likevel viktig å være klar over utfordringene når man utvikler en app. Som ved andre sikkerhetsutfordringer innen IKT er det å være klar over farene et godt utgangspunkt for å sikre seg. I tillegg til problemstillinger med programvaren som omtales her betyr det også å sikre at ikke beacons fysisk kan fjernes fra installasjonen.

Lanseringen av Eddystoneformatet har på sin side ført til at sikkerheten bør komme enda mer i fokus. Siden en Eddystonebeacon sender ut en URL, vil en hacker potensielt kunne endre denne URL-en til et sted som for eksempel laster ned skadelig programvare på brukerens telefon. Dette er et langt større risiko, og det diskuteres en del hvordan ulike leverandører tar vare på sikkerheten<sup>1</sup>.

Estimates beacons har en sikkerhetsinnstilling som de kaller SecureUUID. Dette er en roteringsmekanisme som med faste intervaller endrer UUID-en og major og minor verdier og på denne måten avskjærer eventuelle forsøk på piggybacking og spoofing.

Enkelte kommentatorer har tidligere vist til svakheter ved Estimates beacons opp mot hacking. Den seneste firmwaren bruker en modell der kommunikasjon med beacons

---

<sup>1</sup> <http://makezine.com/2015/08/04/beware-hackable-google-beacons-made-by-estimate/>



autentiseres via skytjenesten til Estimote og det brukes tilfeldige og skiftende nøkler for å autentisere en beacon. Ifølge Estimote skal dette være en sikker løsning<sup>1</sup>.

Kontakt lanserte en større sikkerhetspakke med firmware versjon 4 høsten 2015. Den består blant annet av rotering av verdier som ved Estimotes SecureUUID, men her roteres major, minor og Mac adresser, men ikke UUID. Videre foregår kommunikasjonen mellom app og beacon kryptert, slik at faren for at uvedkommende tar over kontrollen av beaconene blir mindre.

### 5.3 - Generelle egenskaper - praktisk utprøving i utstillingen

Det er to grunnleggende måter en app kan interagere med beacons: Det første er såkalt *Region Monitoring*, som kan implementeres som en service på både Android og iOS: Her kjører appen i bakgrunnen og "vekkes opp" når telefonen kommer i nærheten av en beacon. Det andre er *Ranging*, som krever at appen kjører i forgrunnen. I denne modusen blir omgivelsene scannet kontinuerlig etter Beacons, og dataene blir rapportert umiddelbart når de oppdages. Ut ifra dette kan det tenkes ulike bruksscenarioer: Hvis brukeren kommer innenfor en bestemt radius rundt en beacon vil signalet som mottas av den sette i gang en reaksjon på telefonen. Dette kan finjusteres til å utløse ulike handlinger avhengig av avstanden mellom telefon og Beacon.

Videre er det teoretisk mulig at man bruker flere beacons til å bestemme posisjonen til en mobiltelefon, for eksempel for å tilby brukeren å se sin egen posisjon på et kart og få navigasjonshjelp gjennom utstillingen.

Det viser seg at det kan være en del utfordringer knyttet til å bruke disse funksjonene i praksis. Det følgende kapittelet ser nærmere på slike utfordringer.

#### 5.3.1 - Nøyaktighet og responsivitet

En app på en mobil enhet kan måle avstanden til en beacon. Dette gjør den ved å sammenligne signalstyrken fra en beacon (såkalt RSSI – *Received Signal Strength Indication*) med en referanseverdi som sendes med datapakken og som representerer faktisk signalstyrke målt ved 1m avstand. Dette skal kunne gi et estimat for reell avstand mellom enhetene. Dessverre er det mange praktiske forhold som gjør at en ikke helt kan stole på disse tallene:

---

<sup>1</sup> <http://makezine.com/2015/08/28/estimote-fixes-security-problems-with-beacon-firmware/>

- Radiosignaler er sterkt påvirket av omgivelsene, interferens fra annet radioutstyr og fysiske hindre (refleksjon/diffraksjon). Dette medfører at beaconsignalet og RSSI er varierende og vil endre seg med omgivelsene. Herunder faller også ulike fenomener som er blitt rapportert andre steder, som at det kan være store forskjeller i signalstyrken avhengig av vinkelen mellom beacon og telefon eller når man roterer beacon eller telefonen<sup>1</sup>.
- Spesielt androidenheter har en ytterligere utfordring: Fordi telefonene kommer fra ulike leverandører er også bluetoothhardwaren ulik, for eksempel brukes det forskjellige antenner. Dette medfører at ulike androidenheter kan måle RSSI-verdier ulikt. Referanseverdien som sendes med en beacon er derimot i henhold til Apple-standarden målt med en iPhone. Androidbiblioteket AltBeacon har forsøkt å løse dette ved å lage en liste med alternative referanseenheter og målinger for et sett med avstander som referanse<sup>2</sup>. Dessverre er ikke denne listen noe særlig lang og inneholder kun 3 telefontyper da dette ble sjekket våren 2016.
- Det er også indikasjoner på at det kan være forskjeller mellom enkelte beacons, både mellom ulike merker, men også mellom beacons fra samme produsent<sup>3</sup>.

Til tross for dette ser det fortsatt ut til å være en del oppfatninger om at beacons kan estimere en absolutt avstand målt i meter, noe som kan henge sammen med at det genereres en såkalt accuracy-verdi når data fra en beacon leses og denne verdien er angitt som avstand i meter. En diskusjon på nettstedet Stackoverflow kan muligens oppklare hvorfor det kan oppstå slike misoppfatninger om hvordan Beacons måler avstand. En debattant påpeker hvordan Apples dokumentasjon presiserer begrepet accuracy:

*"Indicates the one sigma horizontal accuracy in meters. Use this property to differentiate between beacons with the same proximity value. Do not use it to*

---

<sup>1</sup> <https://dzone.com/articles/beacon-experiments-low-energy>

<sup>2</sup> <https://altbeacon.github.io/android-beacon-library/distance-calculations.html>

<sup>3</sup> <https://dzone.com/articles/beacon-experiments-low-energy>



*identify a precise location for the beacon. Accuracy values may fluctuate due to RF interference.”<sup>1</sup>*

Dette kan være grunnen til at Apple innførte en noe grovere målestokk for avstandsestimering, nemlig tre ulike nivåer: *Near*, for avstand på noen få centimeter, *Immediate*, for avstander på noen meter og *Far* for større avstander. Også her snakker flere produsenter om avstander målt i meter, men det er viktig å merke seg at for eksempel Apple i sine spesifikasjoner kun angir dette som relative avstander<sup>2</sup>.

Dette reiser spørsmål om bruksmulighetene for beacons i praksis. For å finne svar på dette ble det utviklet en enkel test der signaler fra beacons ble målt i forskjellige omgivelser. Formålet var å gi praktiske retningslinjer for bruk og plassering av beacons i ulike utstillingslokaler: Hvor nøyaktig klarer Beacons å måle avstand til telefonen? Vil telefonene kunne skille mellom beacons med ulik avstand, plassert i ulike rom eller i ulike etasjer i et bygg? Videre skulle det være et særlig fokus på Android, siden det her er potensielle utfordringer med målingsavvik mellom enkelte telefonmodeller.

For å få undersøkt dette ble det laget en enkel Android-app som registrerer data fra beacons i nærheten og lagrer målingene til et regneark (for spesielt interesserte er appen gjort tilgjengelig på Github her: [https://github.com/tobiasgm/beacons\\_test1](https://github.com/tobiasgm/beacons_test1) ). Det ble brukt Estimotes Android API til å lage appen. Dataene fra appen kunne åpnes i Excel og plottede grafer viste målingene over tid. De estimerte avstandene kunne så sammenlignes med reelle avstander målt manuelt eller med lasermåler. Målingene ble gjennomført med flere uavhengige variabler: Ulike lokaler/omgivelser, avstander, telefontyper og beacons. Telefonene som ble brukt representerer flere generasjoner androidmobiler fra ulike produsenter og med ulike versjoner av operativsystemet. Beacons som ble benyttet var de samme som ble testet tidligere, fra Kontakt og Estimote. Samtidig ble det forsøkt å kontrollere andre relevante variabler: Beacons som ble brukte hadde omtrent samme batterikapasitet og sendestyrke og sendeintervall ble satt til samme nivå (noe avvikende fra iBeaconstandarden, men med -12dbM og 650ms valgte vi et praktisk fornuftig nivå som

---

<sup>1</sup> <http://stackoverflow.com/questions/20416218/understanding-ibeacon-distancing/30174335#30174335>

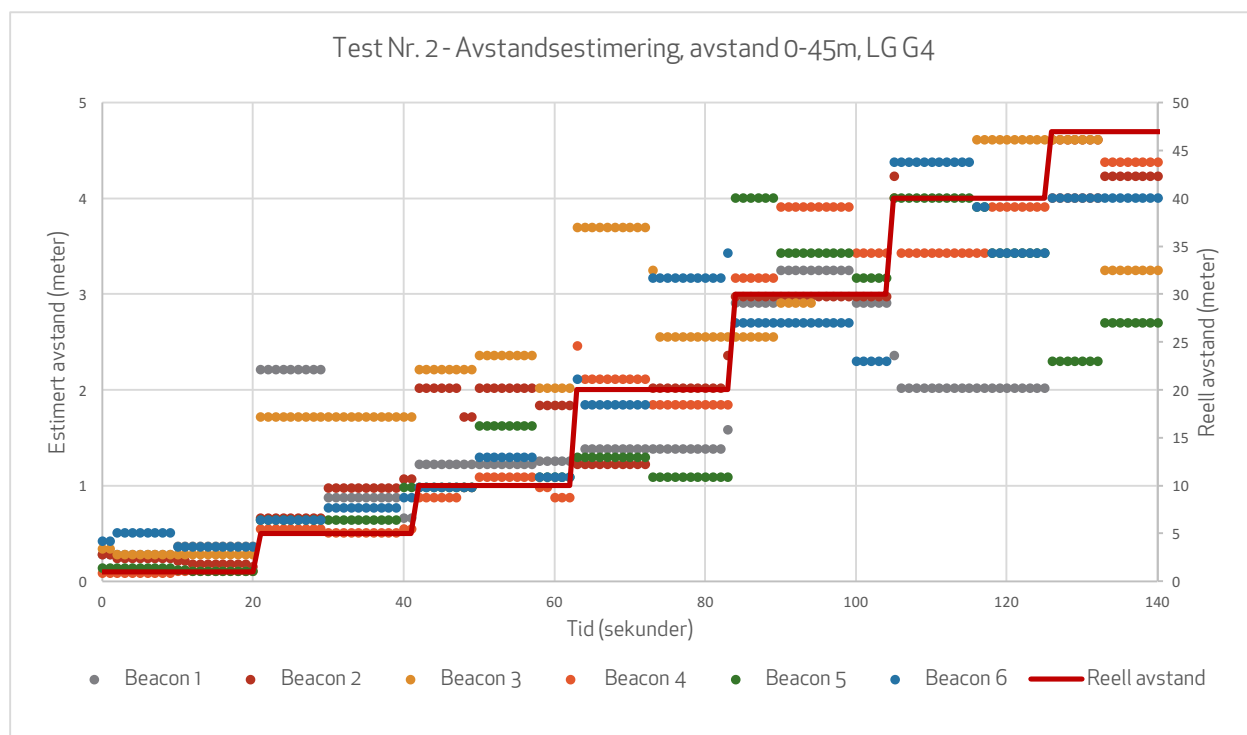
<sup>2</sup>

[https://developer.apple.com/library/prerelease/ios/documentation/CoreLocation/Reference/CLBeacon\\_class/index.html#//apple\\_ref/c/tdef/CLProximity](https://developer.apple.com/library/prerelease/ios/documentation/CoreLocation/Reference/CLBeacon_class/index.html#//apple_ref/c/tdef/CLProximity)

gir en akseptabel batterilevetid (ca. 2 år). Totalt gir dette oppsettet ikke den graden av kontroll som tilfredsstillende et vitenskapelig eksperiment, men det er derimot et realistisk scenario i en reell brukssituasjon.

## Testoppsett 1 & 2

I de første to forsøkene ble ulike beacons testet mot en telefon på forholdsvis store avstander. Testen var bare tenkt for å prøve appen og utstyret, men resultatene er interessante og tas derfor med her. Først ble ulike beacons testet i en stor verkstedshall som er ca. 50 meter lang. En beacon ble plassert i den ene enden av hallen og signalet målt på ulike avstander med faste intervaller mellom 1 og 47 meter. Dette ga veldig store avvik mellom estimert og reell avstand mellom beacon og telefon. Ved første måling ved ca. 1 meter rapporterer de ulike beacons mellom 10 og 50cm avstand, deretter er den estimerte avstanden tilnærmet en tidel av reell avstand. Men målingene er sprikende for ulike beacons og heller ikke stabile over tid (telefonen lå i ro i 30 sekunder ved hver plassering). Når telefonen kommer opp i 30-40 meter avstand er det en tendens til at estimert avstand begynner å minke. Samtidig er sendestyrken tilsynelatende god og det er kun ved 30m avstand og større at signaler fra enkelte beacons forsvinner.



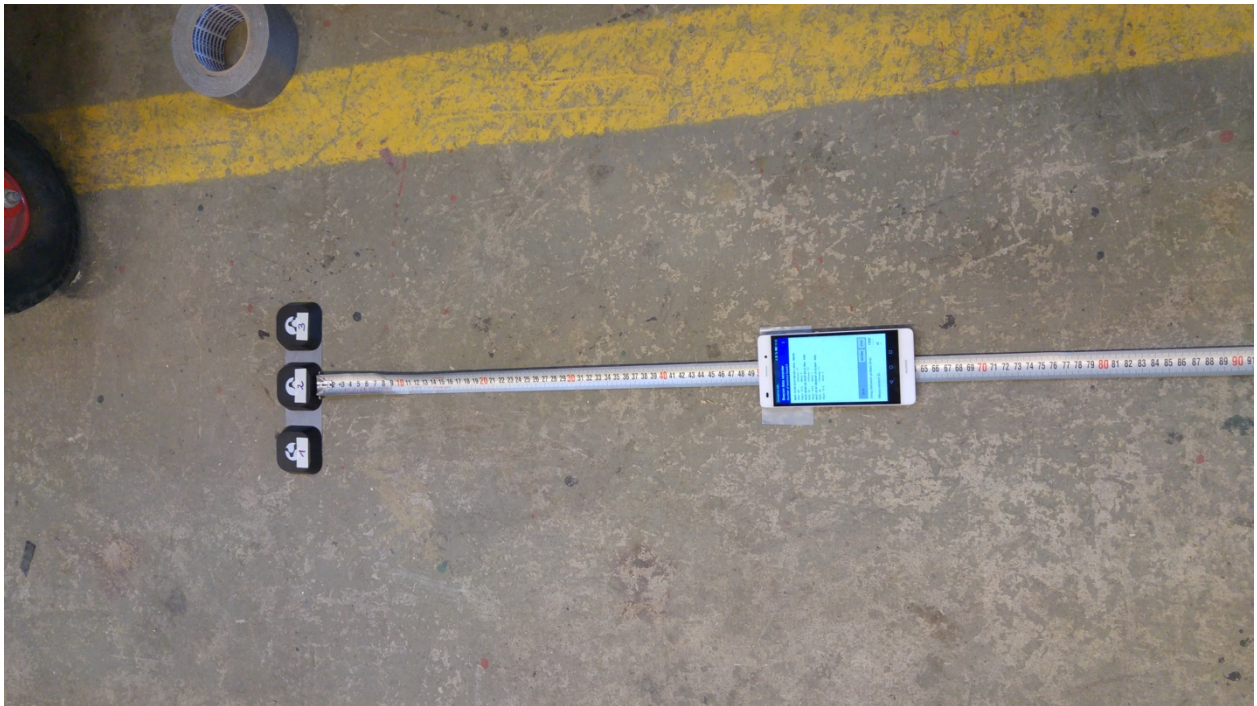
Figur 7: Test nr. 1 og 2 målte data fra beacons ved avstander mellom 1 og 45 meter til telefonen.





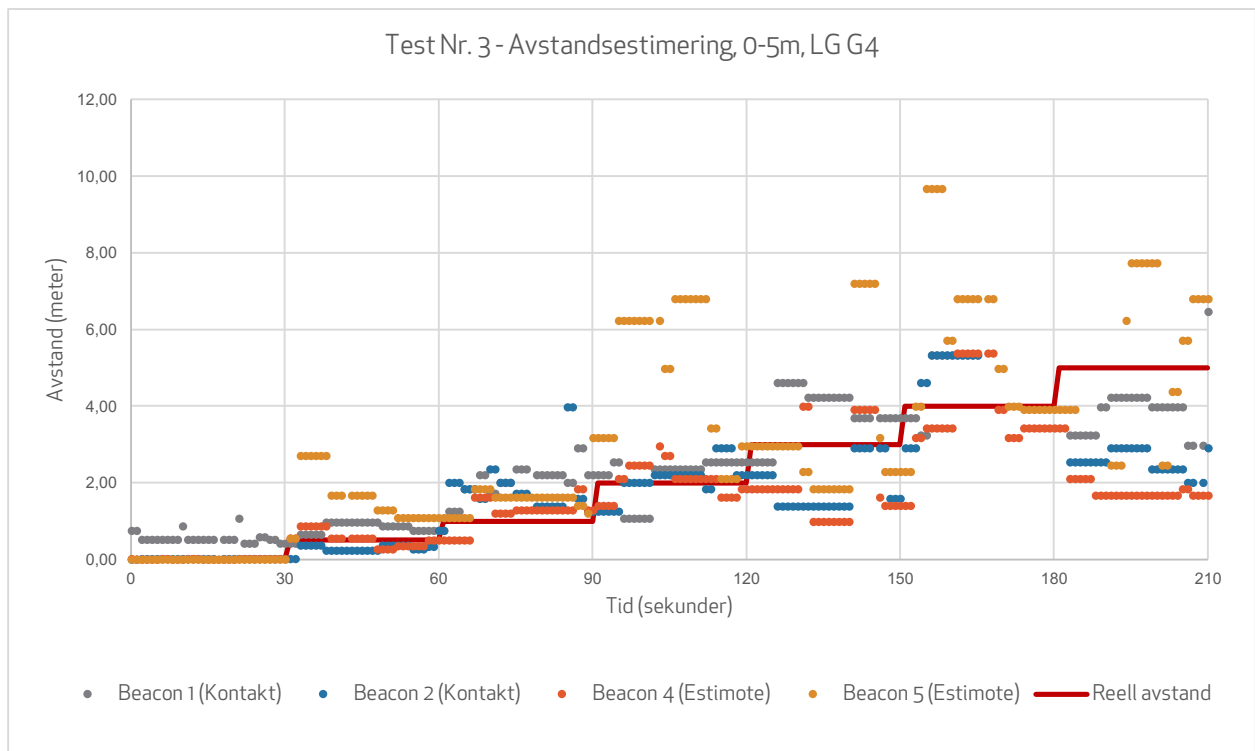
### Testoppsett 3

I neste testrunde ble beacons prøvd mot ulike telefoner og ved mindre avstander, mellom 0 og 5 meter: Beacons ble plassert på enden av et målebånd og deretter ble telefonen lagt på båndet, først helt inntil, så ble den flyttet med 30 sekunders mellomrom til 0,5m, 1m, 2m, 3m, 4m og 5m. Også denne testen viste store avvik, både mellom enkelte beacons og mellom de ulike telefonene som ble prøvd. Kun ved plassering av telefon helt inntil en beacon målte de fleste telefoner rimelig nøyaktig avstand (bortsett fra en litt eldre Samsung Galaxy Note 3). Fra 0,5 meter og lengre ble målingene generelt mer unøyaktige og avvikene større. Kun LG telefonen målte tilnærmet riktig avstand.



Figur 8: Testoppsett 3, måling av signaler på korte avstander.

Disse testene viser allerede at det er fånyttet å prøve å estimere en reell avstand i meter til en beacon. Det eneste som ser ut til å være rimelig sikkert er at telefoner vil fange opp at en beacon er i nærheten når man er godt innenfor rekkevidden (som skal være opptil 30 meter ved den brukte sendestyrken).



Figur 9: Resultater test Nr. 3. LG G4 telefonen gir mest nøyaktige resultater av de testede modellene.

Det vil ut ifra disse resultatene også være vanskelig å bruke grove avstandsverdier (*immediate-near-far*) til noe fornuftig, med mindre man er ganske fleksibel på hvordan man vil tolke avstandene. Estimotes programvare genererer verdiene slik at appen rapporterer *immediate* ved estimert avstand 0-0,5m, *near* ved 0,5-3m og *far* ved større avstand enn 3 meter.

I testoppsettet vil en *immediate* avstand rapporteres et sted under 50cm for de fleste beacons og telefoner, men Samsung Galaxy Note-telefonen har et stort avvik, og måler aldri kortere avstand enn ca. 1,5m. For avstander tilsvarende *near* og *far* er det store variasjoner på målinger for ulike beacons og ulike telefoner, fra 0,5m og oppover. I praksis betyr dette at en i liten grad kan bruke disse avstandsverdiene til å differensiere handlinger i appen for alle brukere.

Det gir for eksempel liten mening å be brukeren holde telefonen inntil en beacon for å få lastet ned innhold eller å be brukeren bevege seg innenfor et avgrenset område. Respons fra forskjellige telefoner vil ha for store avvik til å kunne brukes på denne måten.

Videre ble det observert at alle telefoner mistet noen målinger for enkelte beacons i løpet av testoppsettet. Stort sett er det noen få sekunder hvor telefonen ikke rapporterer noe



signal fra en beacon. Verst her er Acer-telefonen som har manglende målinger på opptil 40 sekunder.

Samsung Galaxy Note 3 ser derimot ut til å ha få dropouts og rapporterer veldig konstante tall. Det ble etterhvert klart at dette nok ikke skyldes større nøyaktighet, men at telefonen ser ut til å bufre måledata når den mister kontakt med beacons. Mye tyder altså på at telefonen mistet fullstendig kontakt med beacons ved mellom 0,5-2m avstand.

Selv om resultater fra denne testen er skuffende er det andre brukstilfeller der Beacons kan være til nytte. Det grove avstandsestimatet som ble vist her vil fortsatt kunne brukes til å lage for eksempel en liste over utstillingsgjenstander som er innenfor rekkevidde til en telefon og sortere disse etter relativ avstand i en liste. Hvis man tar høyde for variasjonen i målinger og forskjeller mellom beacons (for eksempel ved å bruke gjennomsnittsmålinger og flere beacons per gjenstand) kan det også tenkes bruk der man lar nærmeste beacon utløse en handling på brukerens telefon (for eksempel henviser til en spesiell utstilling vedkommende passerer eller vise nærmeste severdighet på et kart). Det ble derfor utført noen tester som skulle gi svar på hvorvidt slik funksjonalitet kan realiseres i praksis.

#### **Testoppsett 4 - 6**

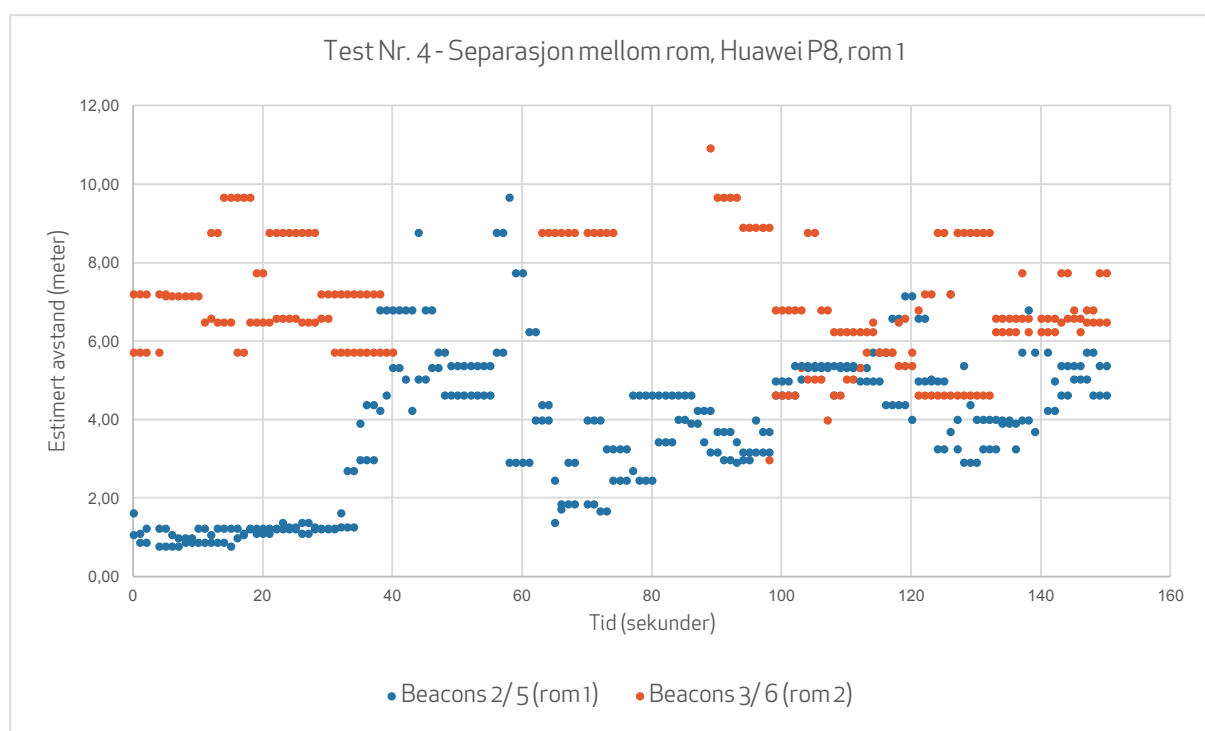
Det ble identifisert tre ulike steder i museet som på grunn av bygningsmessige forhold kunne gi ulike utfordringer for finne nærmeste beacon med nøyaktighet: I instrumentutstillingen på NTM er det mange glassmontre som avgrensede de ulike rommene. Mellom monterne og rommene er det flere gjennomganger. Flyhallen er en større, åpen hall med fly, biler og andre større gjenstander. Her kunne man teste beacons over større avstander.



Figur 10: Testoppsett i instrumentutstillingen med rom 1 (øverst) og rom 2 (nederst) avbildet mot døråpningene mellom rommene.

I instrumentutstillingen ble det plassert to og to beacons i hvert rom. Rommenes mål på hhv. 11x5,5m (rom 1) og 8x8m (rom 2). Beacons ble festet i taket, ca. midt i og med omtrent lik avstand til døråpningene mellom rommene. I praksis var midtpunktet mellom beaconene et

lite stykke inn i rom 2, omtrent på høyde med døråpningene. Det ble så gjort målinger med appen ved at en testperson beveget seg fritt rundt med mobilen i hånden, først i midten, så rett under utplasserte beacons, og til slutt i hvert hjørne. Posisjonen ble byttet etter 30 sekunder. Personen oppholdt seg altså ca. 30 sekunder i midten av rommet, rett under beacons, 60 sekunder i de hjørnene av rommet som var lengst vekk fra det andre rommet, og de siste 60 sekundene ved døråpningene mellom rommene. Målingene gjengitt i figur 11 gjenspeiler dette tydelig: De første 90 sekunder er signalene fra det aktuelle rommet sterkest. Det synes når testpersonen beveger seg til døråpningene mot det andre rommet ved 90-sekundersmerket.



Figur 11: Eksempel på testmåling i instrumentsamlingen. Målingene viser tydelig at testpersonen først beveger seg i rom 1 og de blå markerte beacons registreres som nærmest. Når personen er ved døråpningene etter 90 sekunder er separasjon mellom rommene mer usikkert.

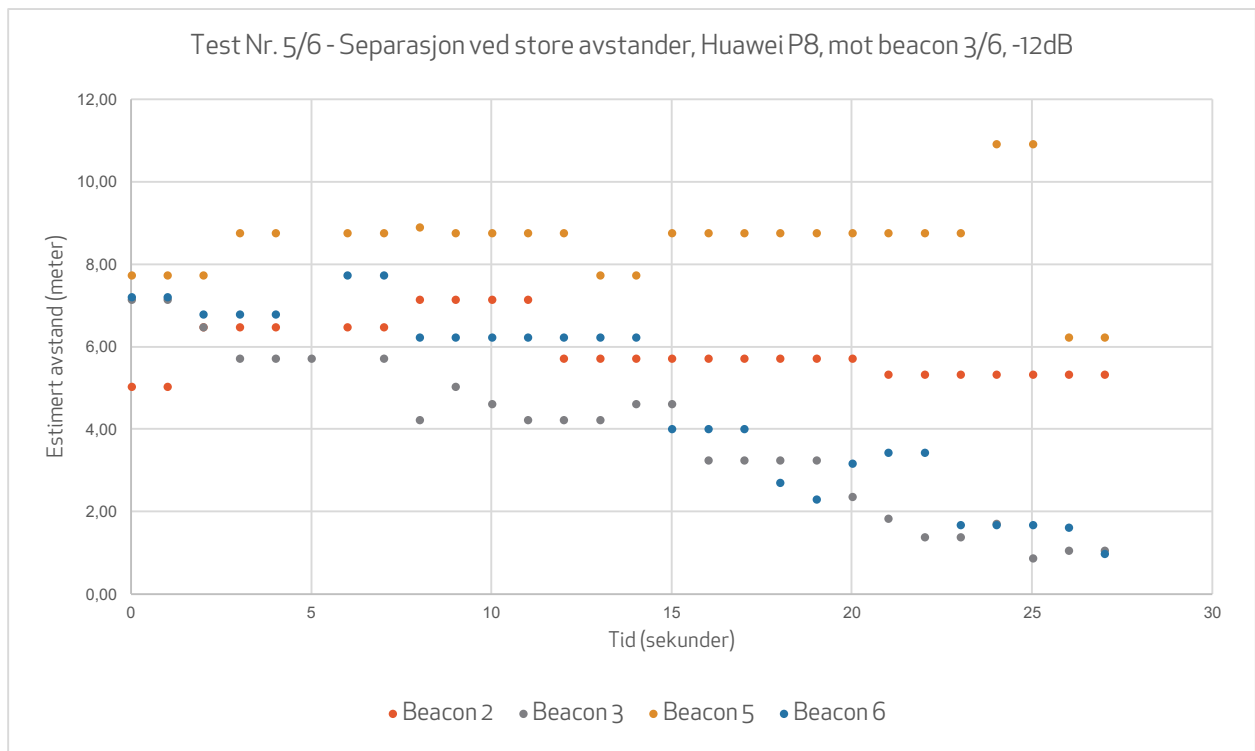
Det fungerer altså tilsynelatende godt å registrere nærmeste beacon når de brukes i fysisk adskilte rom, selv om det her er flere åpninger og glassvegger. En annen situasjon er åpne lokaler der man kan ha flere, større objekter som man ønsker å utstyre med beacons. Et slikt lokale er flyhallen på NTM.



Figur 12: Flyhallen brukes til å teste separasjon mellom beacons i større, åpne lokaler.

Hallen er ca. 35 meter på det bredeste. Her ble to og to beacons plassert på veggen på hver side av hallen, en testperson stilte seg i midten av rommet og beveget seg i sakte gange mot hver beacon-plassering mens telefonen tok opp måldata. Resultatene var ganske gode, med god avgrensning av plasseringene, men det kan forklares med at testpersonen stod vendt mot den ene siden av lokalet og dermed skjermet for beacons fra den andre siden med kroppen.

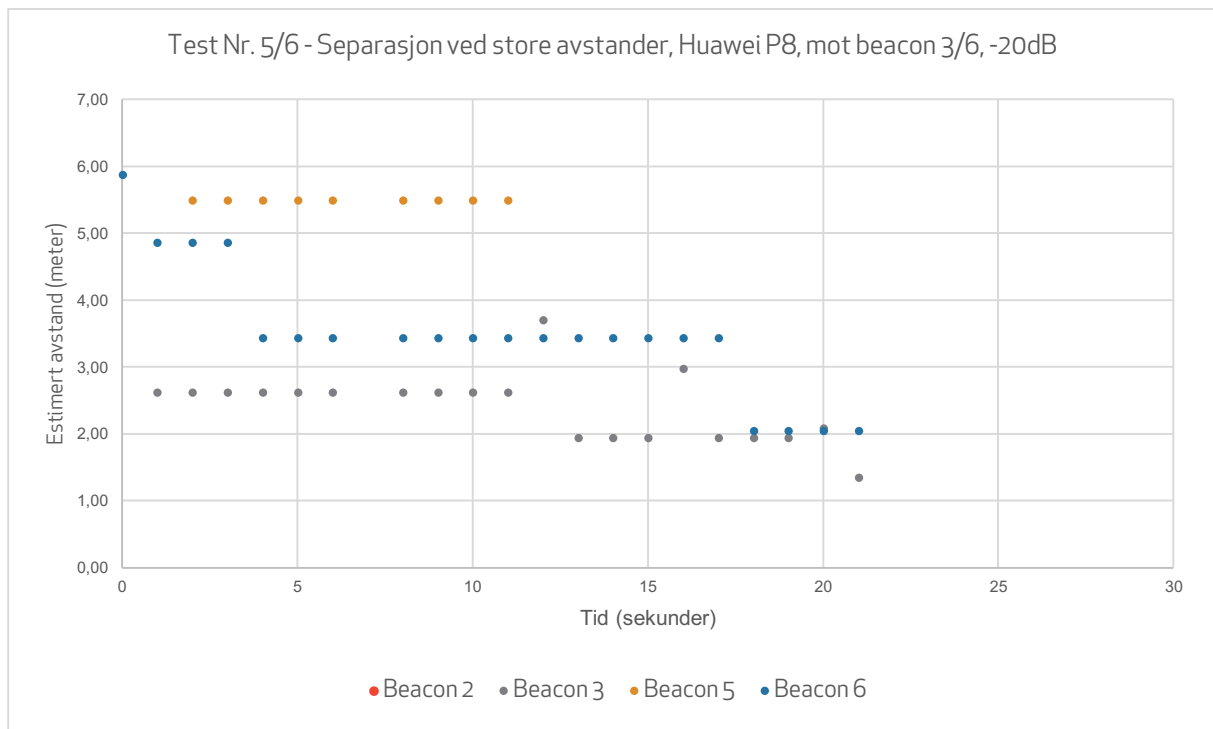




Figur 13: Testpersonen beveger seg jevnt fra midten av lokalet mot beacons 3 og 6.

Når telefonen hadde fri sikt mot begge sidene ble resultatene noe mer usikkert. Det ble derfor prøvd en annen teknikk: Sendestyrken ble justert ned fra -12db til -20db. Tiltaket hadde ønsket effekt: Det ble da et mye tydeligere skille mellom plasseringene og delvis forsvant signalet fra de beaconsene som testpersonen sto med ryggen til.





Figur 14: Når sendestyrken er redusert til -20dB er signal fra beacon 2 og 5 nesten borte.

Dessverre oppførte Samsung Galaxy Note-telefonen seg annerledes: Også tidligere ble det observert at denne telefonen rapportere mye større estimert avstand enn de andre telefonene. Når sendestyrken ble redusert ble signalet såpass svakt at det kun ble oppfattet på de siste 1-2 meterne fra en beacon (se figur i appendix 3).

Opprinnelig var planen videre å teste oppførselen av beacons ved bruk i bygg med flere etasjer. Man ønsker da at det bare er beacons fra den etasjen brukeren befinner seg i som trigger telefonen. Ut fra erfaringer fra de forrige testene ble det valgt ikke å gjennomføre flere eksperimenter rundt dette. Testen i instrumentutstillingen viste allerede at vegger kan dempe signalet betydelig. Samtidig viste det seg at signaler fortsatt vil kunne trenge gjennom ulike vegger og etasjeskiller. Det vil altså kunne oppstå en situasjon hvor en beacon fra en annen etasje rapporteres som i nærheten og muligens nærmere enn en beacon som er plassert i samme etasje. Også her må utvikleren derfor ty til programvareløsninger for å være sikker på nøyaktige resultater. En måte å løse dette problemet på kan være å bruke forskjellige major/minor-verdier for ulike etasjer, og så sette opp beacons ved trapper og andre overganger mellom etasjer som registrerer hvor brukeren beveger seg. En annen mulig løsning kan være å la brukeren manuelt velge etasjen han befinner seg i.



## Testoppsett 7 & 8

Avslutningsvis er det et annet parameter ved radiokommunikasjonen for beacons som måtte undersøkes, nemlig intervallet en beacon sender ut signalet på og tilsvarende intervall en telefon lytter etter slike signaler. Det har allerede blitt beskrevet at dette intervallet i praksis ikke bør være for kort, siden det da vil påvirke batterilevetiden til både beacon og telefon negativt. I de forsøkene som er beskrevet over ble det hittil brukt et intervall på 650ms for beacons og 1000ms på telefonene som er standardverdi i Estimotes API. I praksis betyr dette at telefonen vil prøve å registrere pakker fra beacons i ett sekund før eventuelle funn blir rapportert videre til appen og en ny lytteperiode starter. Det betyr at det bare er en eller to muligheter i en periode til å motta en datapakke.



Figur 15: Plassering av beacons i tre tilstøtende rom i test 7 og 8.

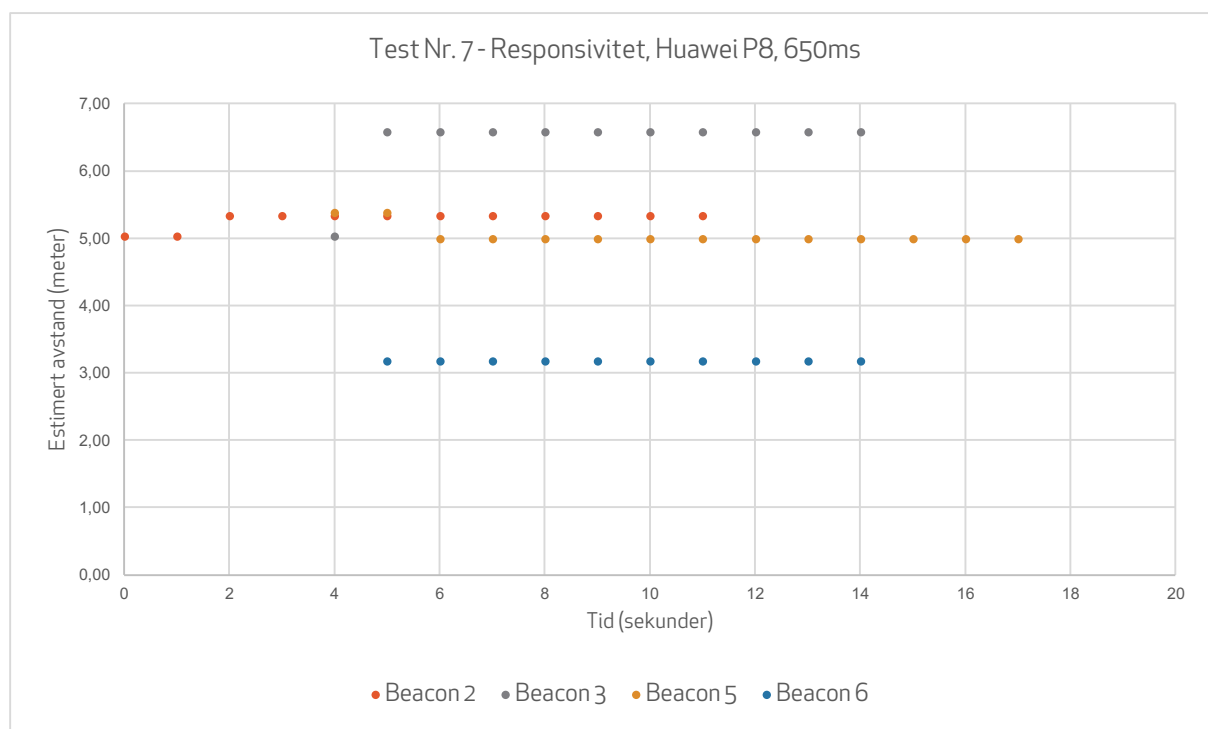
Dersom sendingen skulle bli forstyrret vil det dermed kunne ta minst to sekunder før telefonen lykkes med å registrere en beacon. Dersom sendeintervallet reduseres til 100ms, noe som tilsvarer Apples anbefaling for iBeacons, resulterer det i 10 mulige pakker per lytteperiode. Videre er det viktig å merke seg at det er ulike faktorene som påvirker hvordan telefoner håndterer ulike verdier innenfor en lytteperiode<sup>1</sup> og det er også viktig å være klar over at lytteperioden på 1000ms (og 0s pause) kun er en ideell verdi som er satt i Estimotes SDK<sup>2</sup>. (Operativsystemet kan overstyre dette og det kan tenkes at parallelt kjørende prosesser eller annen Bluetoothaktivitet kan påvirke dette og responsiviteten av appen.

For å finne ut hvordan sendeintervallene generelt påvirker responsiviteten ble det laget et nytt testoppsett i instrumentutstillingen. Beacons ble plassert på en lignende måte som ved den forrige testen, men denne gangen ble det brukt to rom som hadde døråpninger og

<sup>1</sup> <https://forums.estimote.com/t/how-does-scanning-works/3037>

<sup>2</sup> <http://estimote.github.io/Android-SDK/JavaDocs/>

ut mot resten av utstillingen. En person gikk så med telefonen i hånda i rask gange gjennom de to rommene og data fra telefonene ble registrert. Forsøket ble først gjennomført med 650ms sendeintervall og senere gjentatt med beacons satt ned til 100ms.

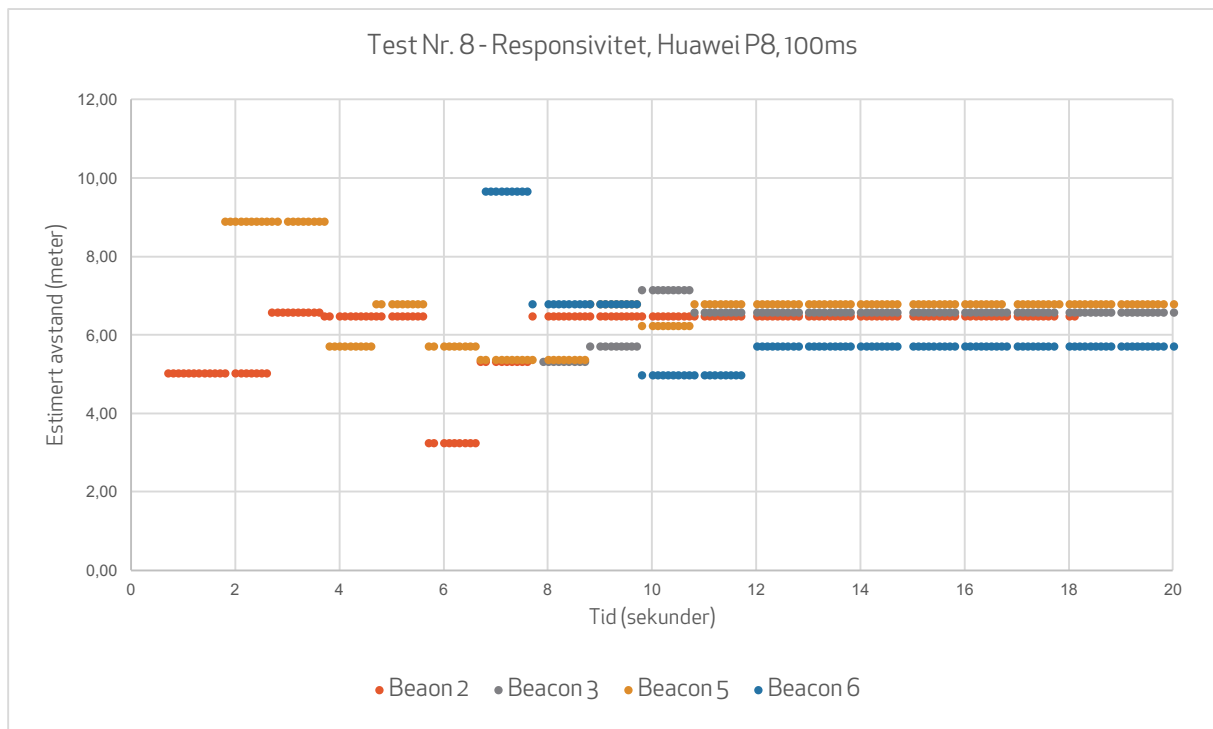


Figur 16: Test av responsivitet, først med 650ms sendeintervall for beacon-pakker.

Resultatene viser tydelig forbedret responsivitet ved 100ms intervall. Samsung Galaxy Note 3-telefonen viste igjen litt avvikende resultater og klarte ikke å registrere beacons ved første forsøk, men ved 100ms fanget den i hvert fall opp beacon 5 og 6. Resultatet tyder på at det oppstår et større pakketap ved svakere signal, noe som er helt som ventet (Galaxy Note-telefonen registrerte beacons generelt med litt svakere signal enn de andre telefonene). De to andre telefonene viste begge mer nøyaktige resultater når det ble brukt 100ms intervall. Testen illustrerer hvordan sendeintervallet kan justeres for å forbedre responsiviteten i en beacon-applikasjon. I praksis vil det sannsynligvis ikke være nødvendig å bruke så korte intervaller som 100ms i en museumssetting der besøkende etter all sannsynlighet ikke beveger seg like raskt som testpersonen gjorde.







Figur 17: Tydelig forbedret responsivitet ved bruk av 100ms sendeintervall.

### 5.3.2 - Posisjonsbestemmelse og navigasjon

Utover enkel måling av avstandsestimat og nærhet kan det også tenkes et annet bruksscenario for beacons, nemlig posisjonering av brukeren på et kart, samt navigasjonstjenester. På det enkleste kan dette løses med de teknikkene vi allerede har prøvd ut: Siden det er mulig å grovt bestemme hvilken beacon som er nærmest mobilen til enhver tid vil man kunne plassere beacons i et koordinatsystem og på den måten plassere brukeren på det stedet som rapporteres som nærmest. Nøyaktigheten vil være avhengig av hvor mange beacons som plasseres i rommet i tillegg til de avvikene som måtte oppstå på grunn av feilmålinger som er beskrevet i testene over. I praksis ser det ut til at det ofte brukes slike løsninger når en leverandør averterer med “innendørs kart” og “navigasjonshjelp” gjennom en utstilling.<sup>1</sup>

Dersom det er ønskelig med mer nøyaktig posisjonsbestemmelse kreves det mer avanserte teknikker, som for eksempel *trilaterasjon* eller såkalt *fingerprinting*. Ved trilaterasjon bestemmes posisjonen ved å måle avstanden til minst tre andre, kjente posisjoner. Her kan man bruke RSSI målinger til beacons slik det ble gjort her i forbindelse

<sup>1</sup> <http://nfarina.com/post/134386695359/indoor-location>

med test av avstandsestimering. Ved fingerprinting blir også RSSI-målinger brukt, men her blir målte data lagret i en database sammen med kjente lokasjoner for disse målingene.

Det er dog ikke like enkelt å ta i bruk slik funksjonalitet som ved grov avstandsestimering. Enkel trilaterasjon vil påvirkes av de samme utfordringene som vi har beskrevet ved testene med avstandsestimering. Så har for eksempel Estimote laget en egen tjeneste for posisjonering, Indoor Location SDK. Men den er foreløpig bare tilgjengelig for iOS. Estimote begrunner dette blant annet med at bluetoothantennene ikke er standardisert på androidtelefoner:

*“The main reason why it wasn’t developed simultaneously for both platforms is that every Android device is different and they use different Bluetooth antennas. Indoor Location is based on complex algorithms that take into account antenna’s position, quality, orientation. There are also differences in Bluetooth support across devices and version of Android.”<sup>1</sup>*

Det er uvisst nøyaktig hva slags algoritmer Estimote benytter her. Etter sigende brukes en slags skritteller (via telefonens gyroskop) og det er ikke gitt at dette fungerer tilfredsstillende i praksis.<sup>2</sup>

Flere leverandører av integrerte posisjoneringstjenester som Wifarer, bruker gjerne en kombinasjon av Wifi og BLE til fingerprinting eller andre kombinasjoner av algoritmer. Siden dette prosjektets hovedfokus har vært på beacons har det ikke blitt forsket noe videre på posisjoneringsløsninger med andre teknologier.

Å sette opp en fingerprint-database for et bygg er en komplisert og tidkrevende prosess. Det gjør det interessant å se på løsninger som kan gjøre det automatisk. Både Google, Mozilla og andre aktører jobber med løsninger der man, via en nettdugnad, ”crowdsourcer” Wifi- og posisjonsdata, og på den måten vil kunne tilby alternativer og forbedringer til tradisjonell GPS-navigasjon.

På Googles androidtelefoner brukes en kombinasjon av Wifi, mobilnettverk og GPS. Når dette ble testet inne på NTM var nøyaktigheten i målingen på rundt 20-30m. Enn så lenge er dette ikke bra nok for å tilby navigering inne i en bygning. En lignende tjeneste på

---

<sup>1</sup> <https://community.estimote.com/hc/en-us/articles/203909356-Is-Indoor-Location-SDK-available-on-Android->

<sup>2</sup> <http://blogg.infodesign.no/2015/07/dette-skulle-jeg-gjort-for-snart-et-ar.html>



apleenheter er Core Location. Både Google og Apple tilbyr tjenester for større virksomheter for å laste opp plantegninger av bygninger og registrere disse i de respektive karttjenestene.

Dessverre har disse løsningene i skrivende stund en del begrensinger. Apple krever at stedet har mer enn en million besøkende i året, mens Google foreløpig ikke tilbyr sin tjeneste i Norge.

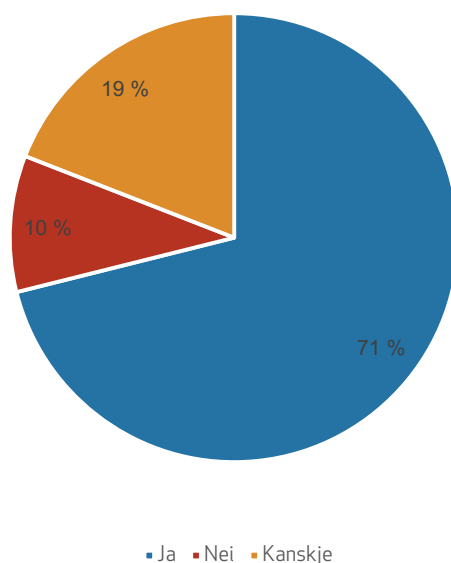
## 5.4 - Brukerundersøkelse

På bakgrunn av hva som kan gjøres med beacons og lignende teknologi er det på sin plass å undersøke om museets besøkende har interesse for og kjennskap til å kunne bruke slik teknologi. Det ble derfor gjennomført en enkel brukerundersøkelse for å kartlegge publikums kunnskap om smarttelefoner og graden av utbredelse av moderne telefoner som støtter bruk av beacons. Videre har undersøkelsen spurt om generelle holdninger til apper og prøvd å kartlegge hvilken type innhold museets publikum vil være mest interessert i.

Brukerundersøkelsen ble distribuert via Teknisk museums facebookside og museets venneforening. Det ble også gjort en spørreundersøkelse blant helgepublikummet. Den største andelen av svarene kommer fra venneforeningen, etterfulgt av museets Facebook-følgere. Undersøkelsen er således ikke representativ, men gjenspeiler en gruppe som nok er over gjennomsnittet interessert i museet og dets aktiviteter. Vi har dog fått ett nokså høyt antall svar (N=519) slik at vi mener å kunne trekke noen generelle konklusjoner ut ifra svarene. Alle kvantitative data fra undersøkelsen er gjengitt i appendix 4.

Undersøkelsen kartla først de tekniske forutsetningene museets publikum har for å kunne bruke mobile apper under besøket. Over 90% har nyere telefoner (under 3 år gamle) og de fleste bruker vanlige iOS og Android telefoner. Disse vil med dette kunne bruke museumsapper tilpasset de nevnte operativsystemene. Et mindretall av brukere har Windows-operativsystemet på telefonen og et fåtall har andre typer telefoner med operativsystemer som Blackberry eller eldre Nokia Symbian. 95% svarte også positivt på om de visste hvordan man installerer en app på en telefon, og det ble ut ifra det konkludert med at de har den nødvendige kunnskapen til å ta i bruk en museumsapp (hvor den mest krevende operasjonen antas å være å finne appen i applikasjonsbutikken, laste den ned, installere og starte den.)

Hvis du besøkte Teknisk museum, kunne du tenkt deg å laste ned en app som ga deg skreddersydd informasjon til ditt besøk og guidet deg gjennom utstillingen?



Figur 18: Nesten tre fjerdedeler er udelte positive til å installere og bruke en app under museumsbesøket.

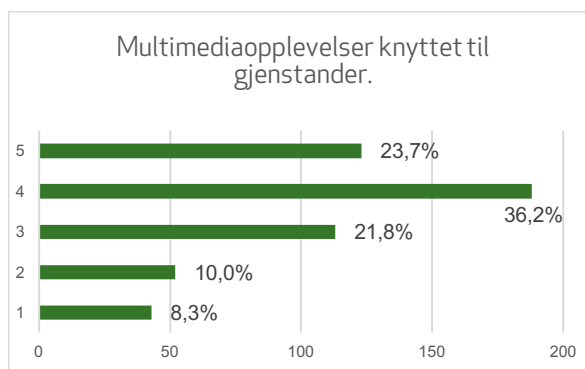
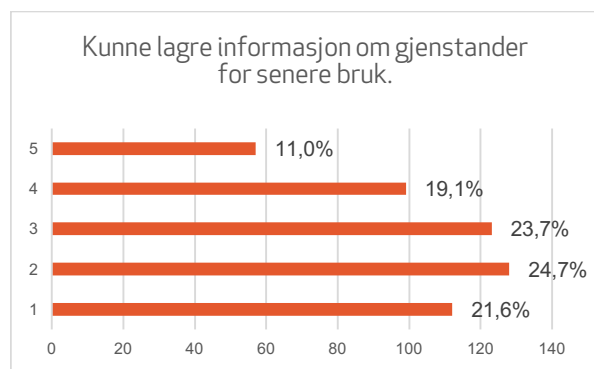
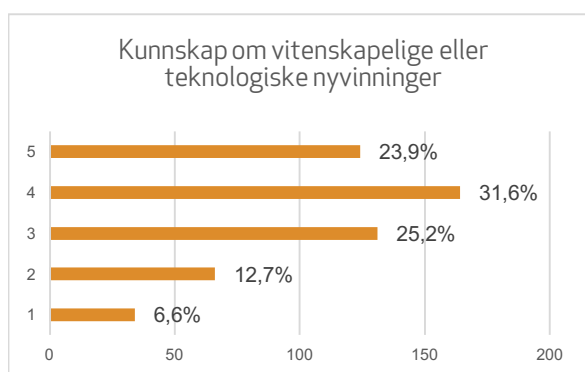
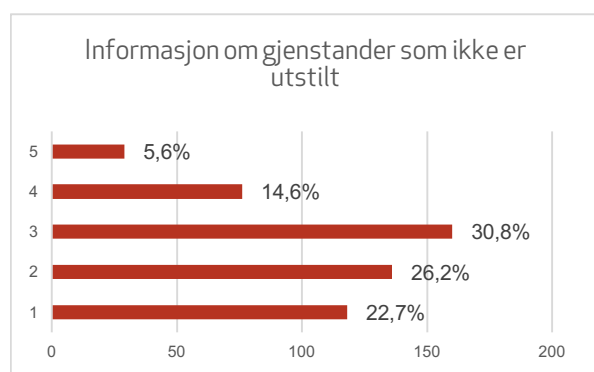
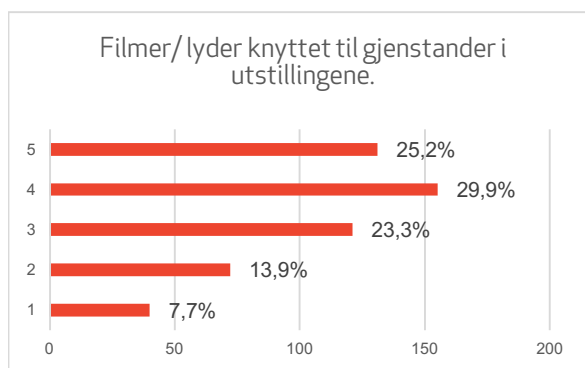
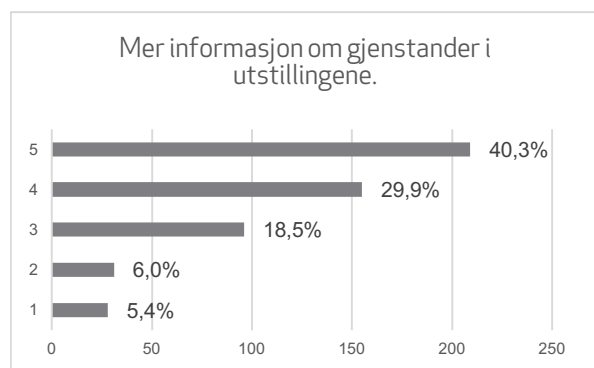
Også viljen om å bruke teknologien er tilstede hos flertallet. 71% svarte ja på spørsmålet: "Hvis du besøkte Teknisk museum, kunne du tenkt deg å laste ned en app som ga deg skreddersydd informasjon til ditt besøk og guidet deg gjennom utstillingen?" Det kom imidlertid frem en rekke viktige argumenter fra de som ikke svarte positivt her. Motargumenter som ble ytret av flere respondenter ble gruppert slik:

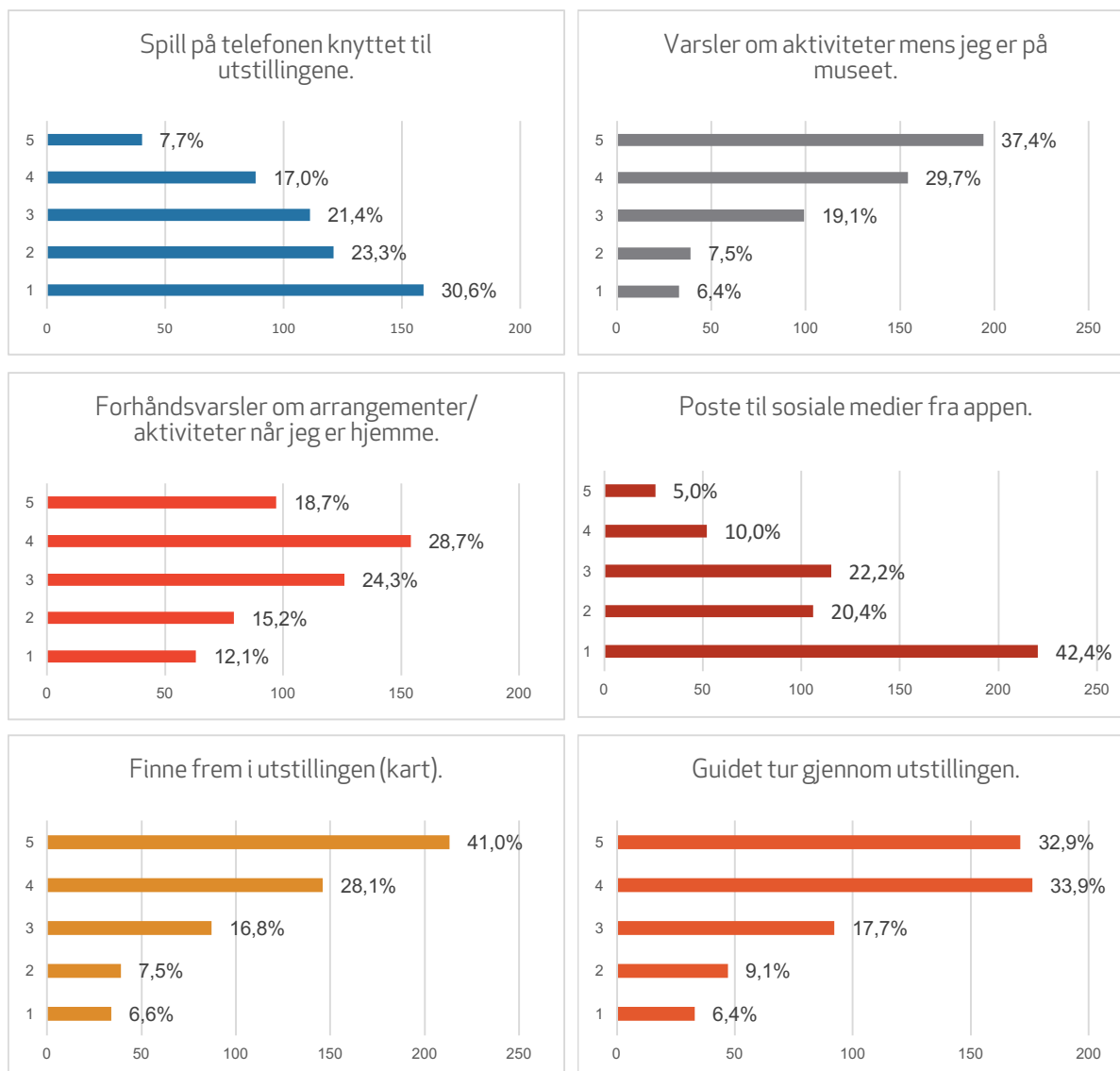
- **Generell skepsis til tekniske egenskaper ved mobilapper:** De tar lagringsplass, bruker batteriet når de kjører i bakgrunnen og det er usikkerhet rundt personvern når appene ber om unødvendig mange tillatelser til å styre systemet.
- Skepsis til apper som bare kan brukes til et **smalt bruksområde**, som et enkelt besøk på et museum. Brukerne nevner at det både er for mange apper på telefonen fra før og at det blir for omstendelig å laste ned og installere en app. Flere foreslår å bruke nettsider som et alternativ, siden disse ikke krever spesielle apper.
- Flere er skeptisk til at appen krever **bruk av mobil data** og ønsker seg gratis Wifi tilgang for at de skal være villig til å bruke appen.
- Flere er **generelt skeptiske til å bruke mobiltelefonen på museet**. De argumenterer med at de ønsker en annen sensorisk opplevelse enn å stirre på mobilskjermen og



flere påpeker også at de besøker museet i sosiale lag og at det da ikke passer å bruke telefonen.

Videre ble deltakerne spurt om å rangere ulike typer innhold i en museumsapp på viktighet på en skala fra 1-5. Svarene tyder på at de antatt viktigste funksjonene for museets publikum er grunnleggende støttefunksjoner under et museumsbesøk som kart for å finne frem i utstillingen, guidet tur, varsler om aktiviteter som foregår under besøket og informasjon knyttet til gjenstander i utstillingen.





Figur 19: Størst interesse er det for grunnleggende navigasjonshjelp og guiding når vi spør brukerne om å rangere ulike funksjoner i en tenkt app på en skala fra 1 til 5 der 1 er uviktig og 5 er viktig.

Ca. 70% rangerer funksjonene "Mer informasjon om gjenstander i utstillingen" og "Finne frem i utstillingen (kart)" med viktighetsgrad 4 eller 5, og fortsatt over 65% gjør det samme for "guidet tur gjennom utstillingen" og "Varsler om aktiviteter mens jeg er på museet".

Deltagerne er også interessert i ulike typer medieinnhold knyttet til gjenstander som film, lyd og multimedia og generell kunnskap om vitenskapelige og teknologiske nyvinninger. Ca. 60% rangerer multimedialopplevelser med viktighetsgrad 4 eller 5, og ca. 55% rangerer "Film/lyder knyttet til gjenstander" og "Kunnskap om vitenskapelige og teknologiske nyvinninger" med samme viktighetsgrad.

Det ser derimot ut til å være mindre interesse for å bruke en app utenom det konkrete besøket: Informasjon om gjenstander som ikke er utstilt eller mulighet for å kunne lagre informasjon om gjenstander til senere bruk er det færre som anser som veldig viktig. Her er svarene normalfordelt rundt middels viktighetsgrad 3. De fleste svar med ca. 30% rangerer "*Informasjon om gjenstander som ikke er utstilt*" med viktighetsgrad 3 mens ca. 24% rangerer "*Kunne lagre informasjon til senere bruk*" på samme nivå.

Interessant nok er det to aktiviteter (som man skulle tro var veldig vanlige for mobilbrukere) som ikke er viktig for de fleste deltagerne: Å spille spill på telefonen knyttet til utstillingene og å poste til sosiale medier fra appen er viktige for de færreste av respondentene. Disse funksjoner rangeres kun av 15-25% med viktighetsgrad 4 eller 5.

Til slutt ble respondentene oppfordret til å komme med egne ideer/ ønsker til funksjoner i en museums-app. Flere svar utdyper de ulike temaene som allerede hadde vært foreslått av undersøkelsen:

- I forbindelse med film-/ lyd eller multimediaopplevelser knyttet til utstillinger fremhever flere **Augmentet Reality eller Virtual Reality** for å illustrere gjenstander i bruk/ drift.
- Flere brukere påpeker **skreddersydd** informasjon i appen deriblant også å kunne få en guidet tur basert på tema som interesserer brukeren eller søkefunksjon og "favoritter" for å lagre informasjon man finner interessant.
- Selv om spill ikke er den funksjonen som skåret høyest på viktighet i undersøkelsen er det flere som ønsker seg **quiz eller konkurranser** knyttet til utstillingene.
- I forbindelse med forhåndsvarsler om arrangementer/ aktiviteter kommer det også forslag om ulik **informasjon rundt museumsbesøket**, som åpningstider, adkomst og forhåndsinformasjon om utstillinger.

I tillegg nevnes det ideer som ikke dekkes av undersøkelsens forslag til innhold:

- Flere foreslår å bruke appen som **digital billett** eller **digitalt køsystem** ved aktiviteter. I tilknytning til dette foreslås det også at appen skal kunne håndtere ulike **spesialtilbud**, som årskort eller medlemskap i museets venneforening men også tilbud fra butikk og kafé.
- Selv om funksjonen "*poste til sosiale medier fra appen*" ikke ble vurdert særlig høyt av brukerne kom det forslag til noe mer avanserte kommunikasjonsmuligheter, deriblant å kunne **kommentere utstillinger** eller **diskutere med andre, finne venner**

og kommunisere med venner eller andre besøkende i utstillingen, for eksempel gjennom interaktive spill.

- En app gir muligheter for å lage spesialtilpasset informasjon til ulike grupper, noe som ikke er enkelt å få til ved vanlige utstillingskilt. Her fremhever respondenter spesielt **innhold som er tilpasset barn** i ulike alderstrinn samt mulighet for at voksne og barn skal kunne gjøre aktiviteter sammen i felleskap.
- Videre er **universell utforming** et viktig tema. Her nevnes det behov for informasjon på ulike språk og tilgjengelighet/ hjelp for rullestolbrukere og synshemmede.
- Noen ønsker informasjon om forsøk/ **eksperimenter man kan gjøre hjemme**.





## 6 - Sammendrag

I det følgende avsnitt gis et kort sammendrag av de viktigste funnene i dette prosjektet:

- Undersøkelser av arkitektur for program- og maskinvaren ved beacons har vist at det kreves et komplekst system for å utvikle og drifte slike løsninger: Det må vurderes hvilken standard meldingstype som skal brukes, for eksempel Apples iBeacon-standard eller Googles Eddystone. Videre er det maskinvaren som skal brukes. For det første selve beacons, men det kan også være nødvendig å sette opp en Wifi infrastruktur for å gi brukerne tilgang til internett og nedlasting av data til appen. Wifi kan også være relevant i forbindelse med integrasjon av en karttjeneste i en app. Videre er det flere lag av programvare som er nødvendig for å bruke teknologien: Verktøy for administrasjon av innstillinger, sikkerhetsmekanismer og overvåking av beacons, innholdsstyring og selve appen som brukeren laster ned til sin telefon. Sistnevnte kan igjen bygges ved hjelp av flere ulike programvarebiblioteker, alt etter ønsket funksjonalitet. Enkelte leverandører tilbyr hele spekteret av nødvendig programvare i pakkeløsninger, noe som kan være relevant for mindre prosjekter med få krav til skreddersydd form og funksjonalitet.
- Praktiske tester har vist at beacons er tilsynelatende robuste. Det har ikke vært tilfeller der beacons har sluttet å fungere eller hengt seg opp i løpet av prosjektperioden. De har dog begrenset levetid. En må påberegne utskifting av batterier eller hele beacon etter senest 2 år, avhengig av bruken. En overvåkningsløsning integrert i appen forenkler oversikt over batteri- og generell status. Det har også vist seg at den medfølgende programvaren for administrasjon av beacons har hatt noen "barnesykdommer".

Tester av beacons i ulike brukssituasjoner har vist følgende:

- Nøyaktig avstand som en mobiltelefon kalkulerer til en gitt beacon er i praksis ikke en brukbar verdi fordi den avhenger av mange ulike faktorer: Fysiske omgivelser, plassering av beacons i forhold til telefon, og type telefon som brukes.
- Relativ avstand, som viser hvilke beacons som er nærmest en telefon kan brukes med forbehold. Dersom det er større avstand mellom enkelte beacons og de plasseres i ulike rom er det god indikasjon at relativ avstand registreres riktig. Men også her gir ulike telefoner til dels store målingsavvik.
- Responsiviteten, som en telefon reagerer på ser ut til å være god nok til bruk i en museumskontekst.

En brukerundersøkelse blant museets publikum har vist følgende:

- Flertallet av NTM's publikum er positive til å bruke en app til å orientere seg og interagere med museets utstillinger.
- Ikke alle besøkende nåes med en slik løsning: Det må regnes med å miste oppimot 10% av brukerne pga. tekniske utfordringer med eldre og inkompatible telefoner. 30% viser generelt liten eller ingen interesse å bruke telefonen og en app under museumsbesøket.
- Brukernes forestillinger hva en museumsapp med beacons skal tilby av funksjonalitet avviker til dels mye, slik at også de som er positive til en app kan ha veldig ulike ønsker og behov.
- Størst interesse ser det til å være for grunnleggende støttefunksjoner under et museumsbesøk: Kart for å finne frem i utstillingen, guidet tur, varsler om aktiviteter som foregår under besøket og informasjon knyttet til gjenstander i utstillingen.

Det er også viktig å minne om at dette prosjekt og brukerundersøkelsen har fokusert på den «vanlige besøkende». Mange utfordringer som påpekes kan elimineres dersom man fokuserer på en mer begrenset brukergruppe, for eksempel skoleklasser.



## 7 - Diskusjon

De viktigste spørsmålene som bør stilles når prosjekter vurderer bruk av ny teknologi er av typen «*hva skal formidles til besøkere?*» og «*hvordan skal bruk av denne teknologien bidra til formidlingen og museumsopplevelsen?*» Slike spørsmål må besvares før man kan begynne å vurdere konkrete tekniske løsninger.

Med dagens mobilteknologi er det like mange muligheter for å forstyrre et museumsbesøk som det er å berike det. Dette påpekes av flere respondenter i brukerundersøkelsen som ble gjennomført i dette prosjektet. Noen mener at det kan være tidkrevende å installere en app og ta den i bruk. Andre er enda mer kritiske og vil ikke la opplevelsen av museet forstyrres av sanseintrykk fra en mobilskjerm i det hele tatt.

Det ligger samtidig mye potensiell funksjonalitet i denne formidlingsformen. Til tross for enkelte kritiske stemmer viser flertallet av respondentene i brukerundersøkelsen nysgjerrighet og interesse. En bør allikevel være varsom, og grundig vurdere innhold og funksjoner som ønskes formidlet gjennom en app. En lokasjonsbasert app åpner for ulike tilnærminger: Man kan lage en museumsguide som gir besøkende lett tilgang til grunnleggende informasjon om museets utstillinger, aktiviteter osv. Slik basisfunksjonalitet etterspørres av publikummet men er samtidig ofte nedprioritert til fordel for mer kreative løsninger, som augmented reality eller semantisk teknologi. Skulle alt eller en stor del av dette bli implementert i én og samme applikasjon kan det bli mye å absorbere og kritikken fra enkelte brukere om at apper tar mye oppmerksomhet fra andre inntrykk på et museum vil i så fall være berettiget.

**Uavhengig av det overordnede målet med et prosjekt har denne undersøkelsen vist to områder der det kan være tekniske utfordringer som er viktig å være klar over:**

- **Kompleksitet koster.** Utviklings-, installasjons- og driftskostnader øker med antall beacons, tetthet av distribusjonen og kompleksiteten av funksjoner. For eksempel antas det at en installasjon med få beacons, fordelt over et større område og med enkel interaksjon mellom beacons og mottaker vil være mer stabil og enklere å utvikle og drifte, enn et prosjekt som involverer mange beacons og kompleks funksjonalitet (for eksempel navigasjon).
- **Mottakerapparatet.** Fordi folk har såpass forskjellige mobiltelefoner, vil et system som baserer seg på å bruke disse ikke nå ut til alle. Det er heller ikke mulig å garantere at alle brukere får den samme opplevelsen. Det gjelder både muligheten

til å ta imot signaler og hvordan innholdet oppfattes av ulike apparater. I tillegg varierer også datahastigheten.

Den største fordel med at besøkere bruker egen mobiltelefon er at det sparer museet for noen utstyrs kostnader. Den eneste måten å garantere en lik opplevelse for alle brukere er at alle benytter den samme type mottakerenhet, altså i form av utlåsenheter. Avhengig av antall besøkere, kan dette være en driftsmessig dyr løsning.

Det er viktig å slå fast at beacons og andre teknikker for å gi brukere lokasjonsbasert informasjon i et museum er i et tidlig utviklingsstadium og nye løsninger vil stadig bli tilgjengelige. Dagens løsninger gir mange muligheter for kreativ formidling, men avansert funksjonalitet vil kreve mye av den bakenforliggende teknologien, samtidig som det antas at nye løsninger i form av ny maskinvare og forbedrede algoritmer vil gjøre utfordringene mindre i fremtiden.

Et prosjekt som skal sikte på driftssikkerhet og langsiktighet i et såpass skiftende miljø bør derfor planlegge med en stor grad av endringsfleksibilitet og modularitet for å kunne skalere opp og implementere nye og bedre tekniske løsninger når de blir tilgjengelige på markedet.



## 8 - Konklusjon og veien videre

Lokasjonsbaserte teknologier er et område under hurtig utvikling. Enkle installasjoner av beacons hvor man i tillegg har kontroll over mobilenhetene besøkende bruker, for eksempel nettbrett til utlån, kan være positive bidrag til museumsopplevelsen. Erfaringene fra undersøkelser i denne rapporten tyder på at omfattende og komplekse beaconinstallasjoner vil gi utfordringer med å levere en stabil brukeropplevelse, samtidig som de er ressurs- og kostnadskrevende. På bakgrunn av dette anbefales det kun med forbehold å implementere beacons i stor skala.

Det er altså flere ting som taler mot å utvikle store løsninger der alle brukere kan interagere med beacons via sine egne mobiltelefoner. Samtidig kan det gi muligheter til å utvikle lokasjonsbasert innhold til bestemte brukergrupper, hvis man kan ha kontroll over maskinvaren som brukes. Det kan for eksempel være en guidet tur med et utvalg stasjoner/gjenstander og som for eksempel retter seg mot skoleklasser.

Her kan det også eksperimenteres med nye former for interaksjon som er egnet for mediet, for eksempel Gamification (quiz/skattejakt). Et slikt prosjekt vil kunne verifisere funnene som er gjort i denne undersøkelsen, eventuelt avdekke andre utfordringer og samtidig være fleksibel til å eksperimentere med nye tekniske løsninger som måtte dukke opp underveis. Det igjen vil muligens kunne ha potensial til å skaleres opp til en større løsning hvis erfaringene er positive.

Denne rapporten har pekt på en rekke utfordringer ved bruk av beacons. Dette betyr ikke at museer bør la seg skremme vekk fra å eksperimentere med denne teknologien. Alt tyder på at utbredelsen av mobilt internett og "tingenes internett" kommer til å fortsette å øke. Museene bør ikke stå på sidelinjen, men forsøke å finne egnede måter å innlemme denne typen teknologi for kommunikasjon med publikummet.

# 9 - Appendix

## Appendix 1 - Nyttige lenker

### Blogger/Magasiner

<https://www.proxbook.com> - har en omfattende oversikt over leverandører av maskin- og programvare innen proximity marketing.

<http://beekn.net> - blogg med artikler og guider rundt beacons og "internet of things".

<http://www.ibeacon.com> - nettavis med nyheter rundt iBeacons.

### Teknisk dokumentasjon/ Standarder

<https://developer.apple.com/ibeacon> - Apples dokumentasjon for iBeacon standarden.

<https://developers.google.com/beacons> - utviklerdokumentasjon for beacons fra Google.

<https://github.com/google/eddystone> - spesifikasjon av Google Eddystone protokollen.

<http://altbeacon.org> - en åpen beacon-spesifikasjon.

### Guider/Tester

<http://www.aislelabs.com/reports/beacon-guide> - test av ulike beacons med fokus på batterikapasitet.

<http://www.warski.org/blog/2014/01/how-ibeacons-work> - enkel forklaring av virkemåten for beacons.

### Annet

<http://www.wikibeacon.org> - en tjeneste av Radius Networks som prøver å samle statistikk over beacons som er i bruk.



## Appendix 2 - Beacons, tekniske data og testkriterier

Tabellen under kan brukes som mal for vurdering av beacons. Det henvises til respektive steder i rapporten for vurdering av ulike egenskaper av Estimote og Kontakt beacons.

<i>Modell</i>	<i>Estimote model REV.D3.4 Radio Beacon</i>	<i>Kontakt.io Smart beacon</i>
<i>Fysiske egenskaper</i>		
<i>Vekt</i>		23 g
<i>Høyde</i>		15 mm
<i>Bredde</i>		55 mm
<i>Dybde</i>		56 mm
<i>Utseende</i>	(egen vurdering)	
<i>Byggekvalitet/ robusthet</i>	(egen vurdering)	
<i>Materiale skall</i>	Silikon	Lupoy GN5001RFG
<i>Festeanordning</i>		-
<i>Kvalitet på festeanordning</i>	(egen vurdering)	
<i>Brannsikkerhet</i>		Safe - V0 flammability class
<i>Vannrett</i>	Ja	Ja
<i>IP sertifisert</i>		IP-57
<i>Omgivelseskrav</i>		
<i>Temperatur</i>	Optimal batterilevetid innenfor -20°C / +60°C	-20°C / + 60°C
<i>Luftfuktighet</i>		0 - 100%
<i>Elektronikk</i>		
<i>Proseszor</i>	32-bit ARM® Cortex™ M0 CPU core	32-bit ARM® Cortex™ M0 CPU core
<i>Bluetooth Chipset</i>	Nordic Semiconductor NF51822	Nordic Semiconductor nRF51822
<i>Minne</i>	256kB flash memory	256KB flash memory 16KB RAM
<i>Sensorer</i>	Temperatur, akselerometer	På forespørsel
<i>Radioegenskaper</i>		
<i>Ant. kanaler</i>	40	
<i>Kanalseparasjon</i>	2 MHz	
<i>Effekt</i>	4 dBm	-30 dBm to 4 dBm
<i>Følsomhet</i>	-93 dBm	-93 dBm
<i>Rekkevidde, angitt</i>	opptil 70m	
<i>Batteri/ strøm</i>		
<i>Batteritype</i>	CR2477 (1000mAH)	CR2477 (1000mAH)
<i>Strømsparemodus</i>	Ja, "smart power mode", "conditional broadcasting"	
<i>Batterilevetid, angitt, "vanlig bruk"</i>	3 år	2 år
<i>Batterilevetid, angitt maks</i>	5 år	
<i>Batterilevetid, målt av tredjepart*</i>	21,4 måneder	24,3 måneder
<i>Kompatibilitet</i>		

<i>iBeacon</i>	Ja	Ja
<i>Eddystone</i>	Ja	Ja
<i>Annet</i>		
<i>Garanti</i>		Livstidsgaranti på produksjonsfeil
<i>Programvare</i>		
<i>Administrasjons-verktøy</i>	Cloudbasert, iOS/ Android app	Cloudbasert, iOS app
<i>Batch redigering</i>	Ja, enkelte innstillinger	Ja
<i>Spesielle innstillinger</i>	Tags, geolokasjon	Content/ browser URL
<i>RESTful API</i>	Ja	Ja
<i>Brukervennlighet</i>	(Egen vurdering)	
<i>Funksjonalitet</i>	(Egen vurdering)	
<i>Sikkerhet</i>		
<i>Randomisering av verdier</i>	Ja, UUID	Ja, major, minor og MAC addr.
<i>Andre sikkerhetstiltak</i>	Nettskybasert autentisering	Ende til ende kryptering, "Software lock"
<i>Utvikling</i>		
<i>SDK for iOS</i>	Ja	Ja
<i>SDK for Android</i>	Ja	Ja
<i>SDK for Windows</i>	Nei	Nei
<i>Funksjonalitet SDK</i>	(Egen vurdering)	
<i>Tester</i>	http://beekn.net/2014/02/problems-estimote/	
<i>Kilder</i>	<a href="https://community.estimote.com/hc/en-us/articles/204092986-Technical-specification-of-Estimote-Beacons-and-Stickers">https://community.estimote.com/hc/en-us/articles/204092986-Technical-specification-of-Estimote-Beacons-and-Stickers</a>	<a href="https://support.kontakt.io/hc/en-gb/articles/202891932-Smart-Beacon-technical-spec">https://support.kontakt.io/hc/en-gb/articles/202891932-Smart-Beacon-technical-spec</a>
	* <a href="http://www.aislelabs.com/ports/beacon-guide/">http://www.aislelabs.com/ports/beacon-guide/</a>	

## Appendix 3 - Testresultater

Utstyr brukt i testene:

Beacons:

Beacon 1-3: Kontakt.io smart beacon

Beacons 4-6: Estimote beacon

Telefoner:

LG G4, Android versjon 6.0

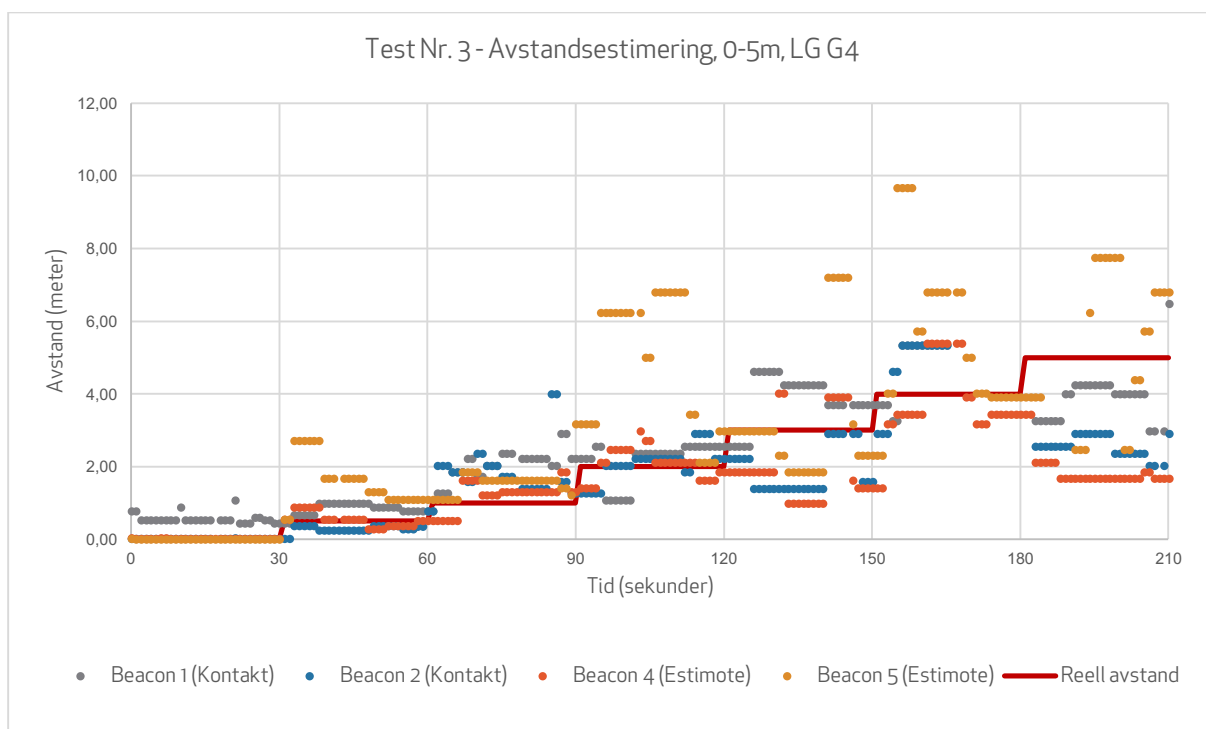
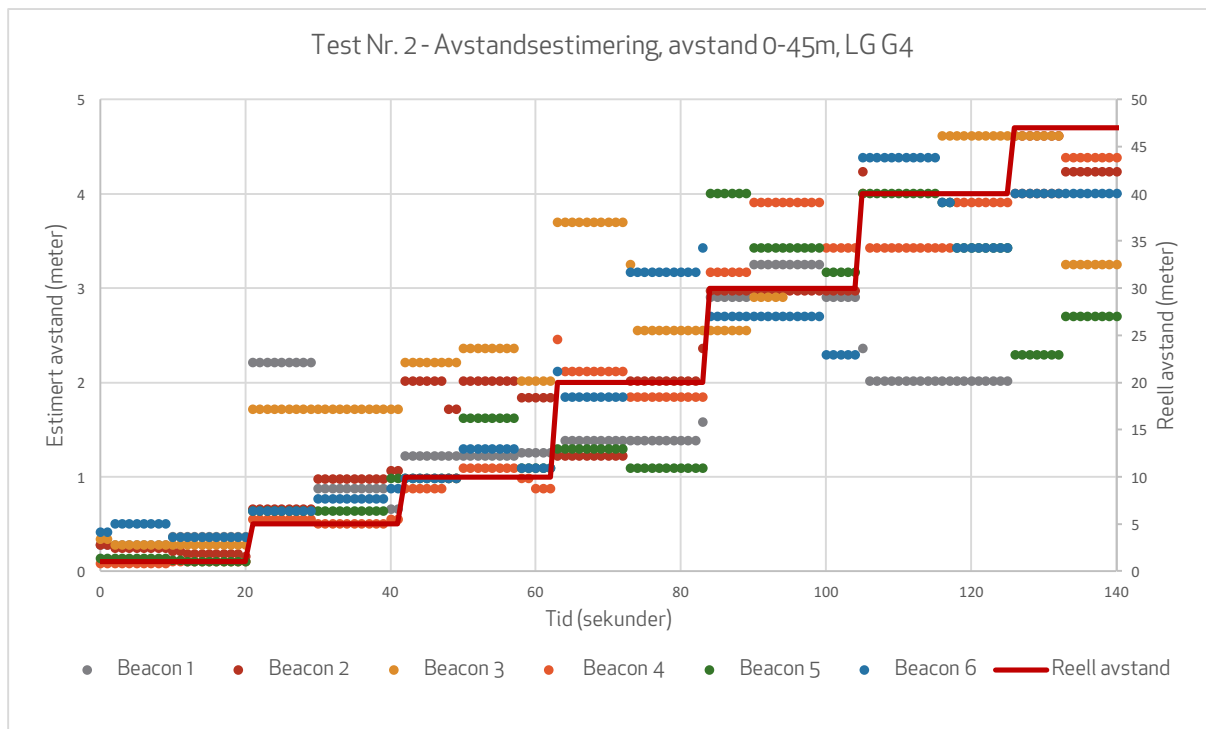
Huawei P8, Android versjon 5.0.1

Samsung Galaxy Note 3, Android versjon 4.4.2

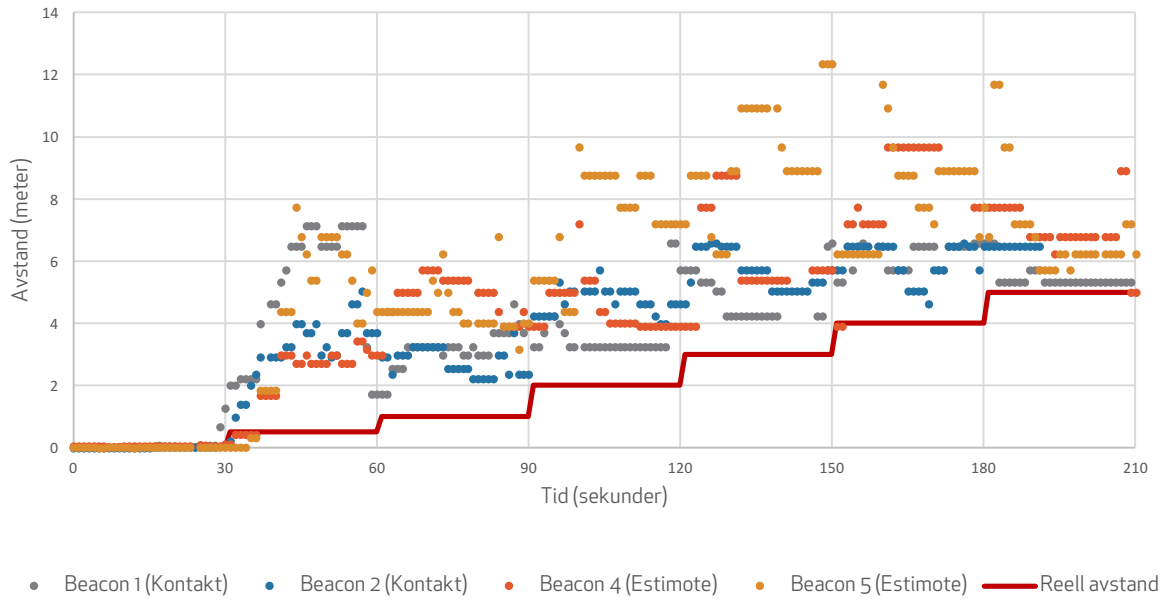
Acer Z530, Android versjon 5.1



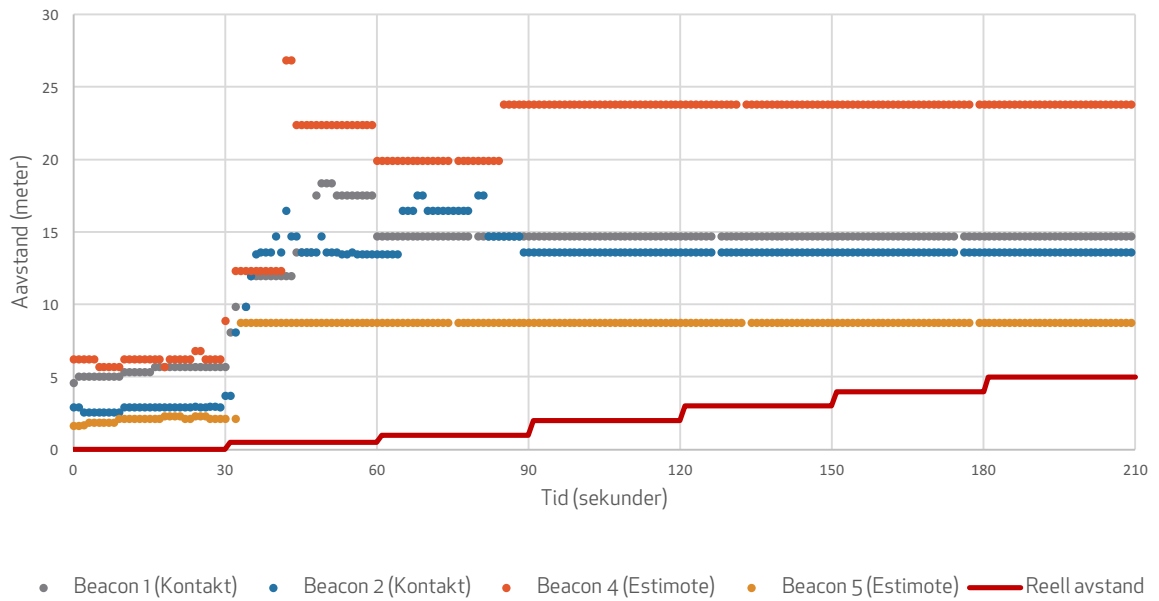




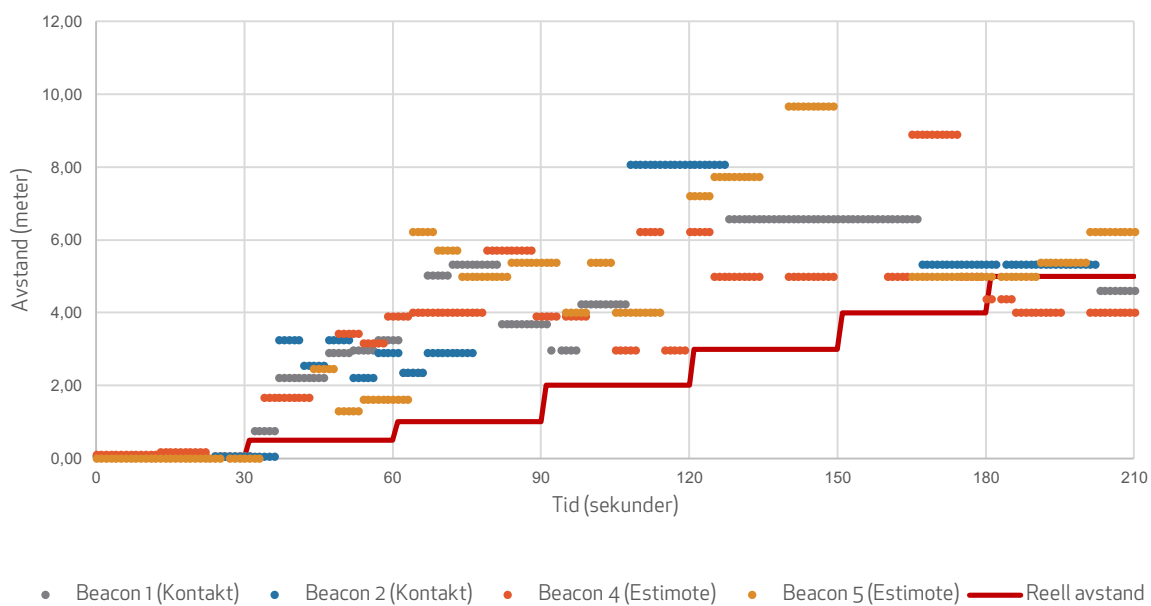
Test Nr. 3 - Avstandsestimering, 0-5m, Huawei P8

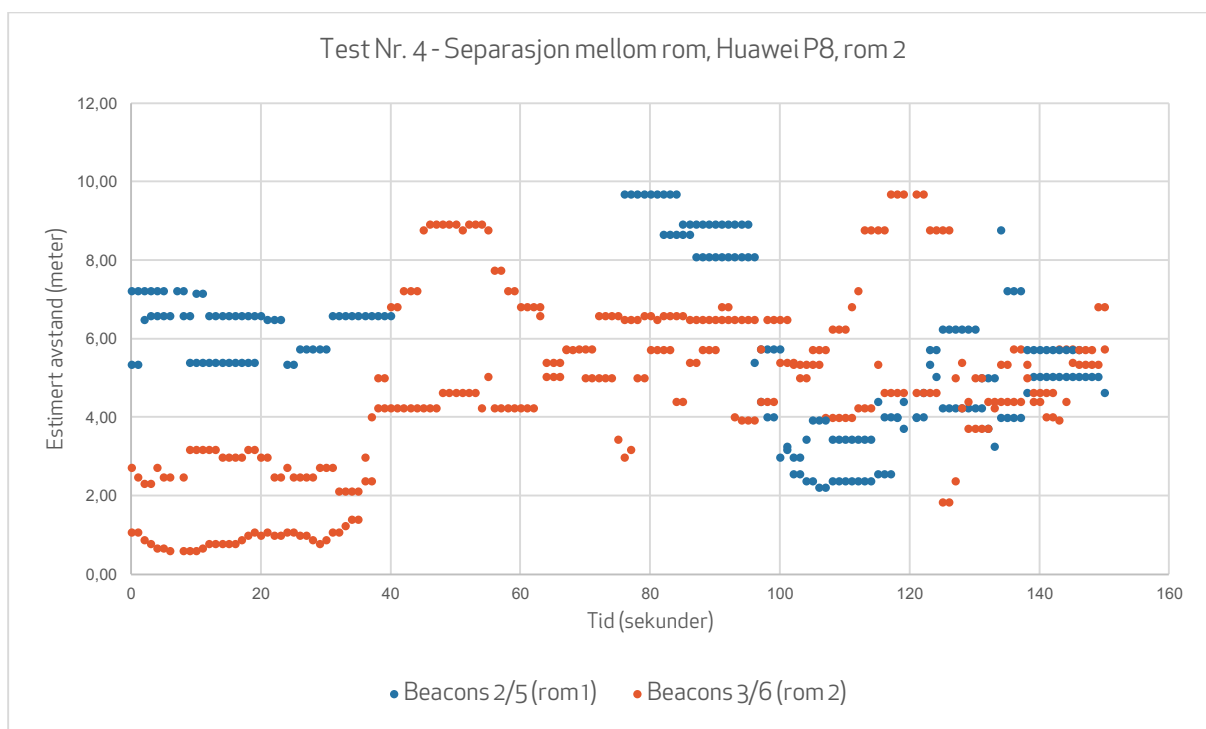
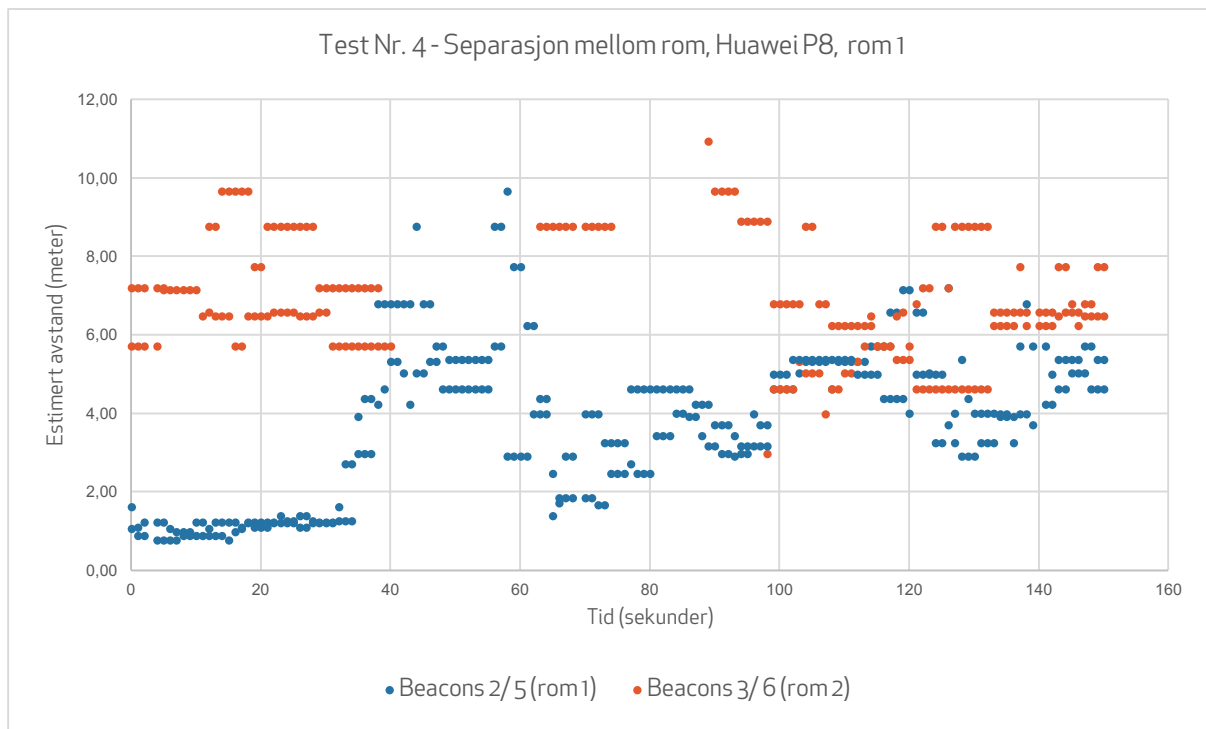


Test Nr. 3 - Avstandsestimering, 0-5m, Samsung Galaxy Note 3

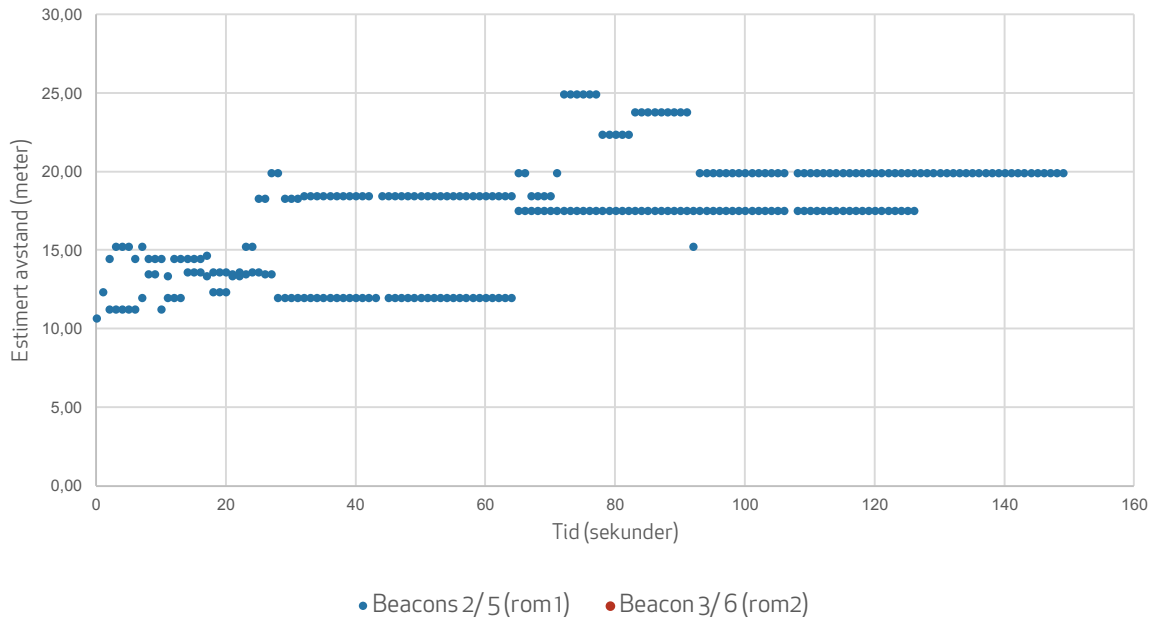


Test Nr. 3 - Avstandsestimering, 0-5m, Acer Z530

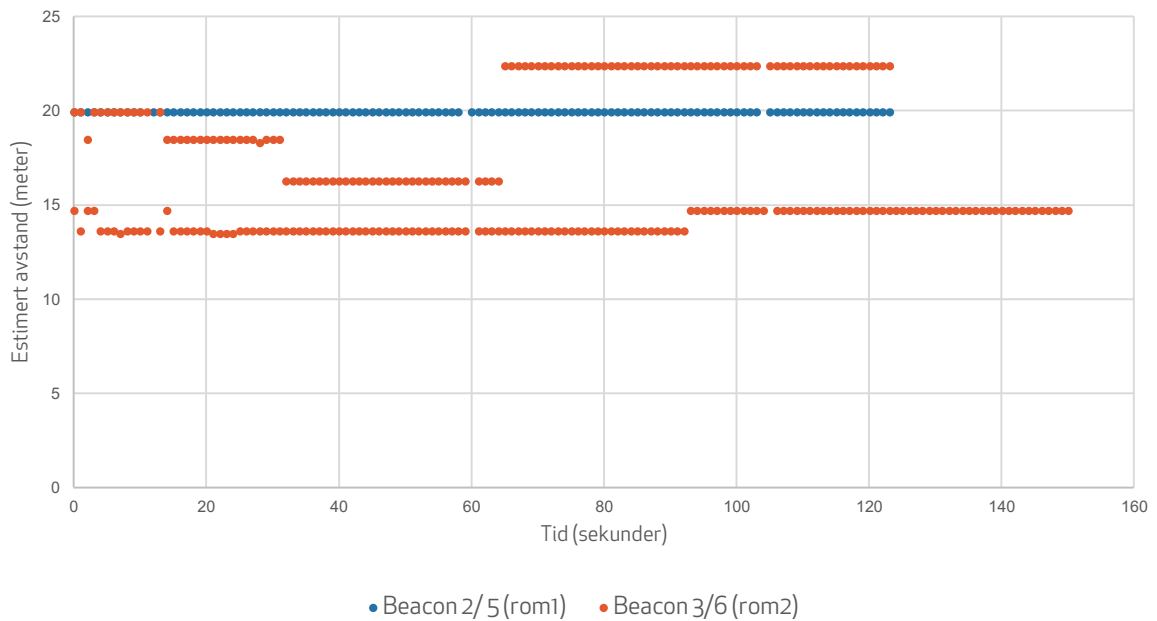


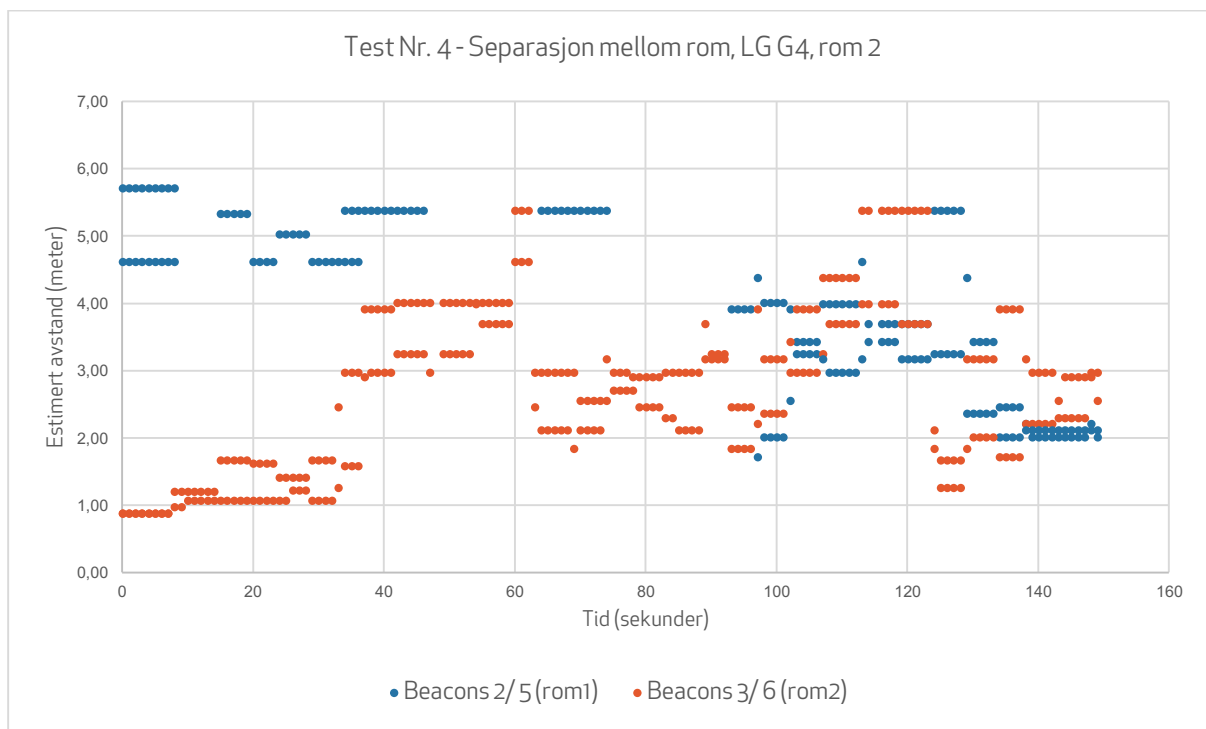
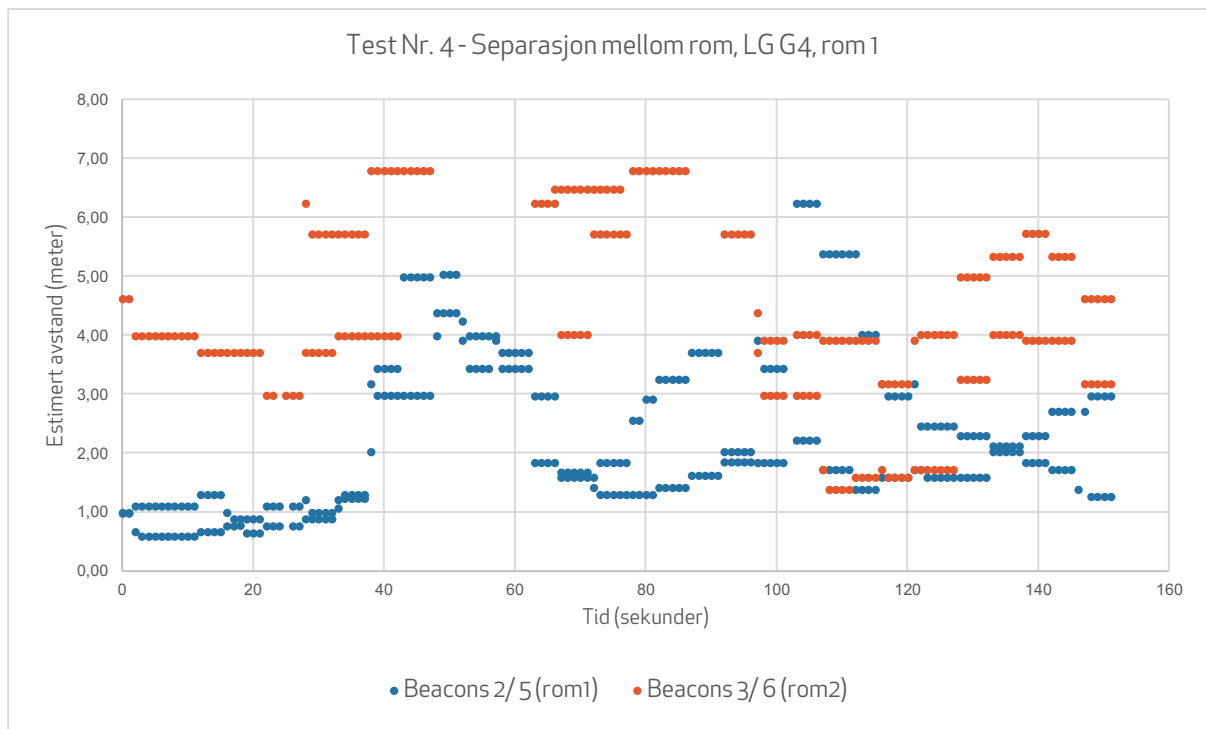


Test Nr. 4 - Separasjon mellom rom, Samsung Galaxy Note 3, rom 1

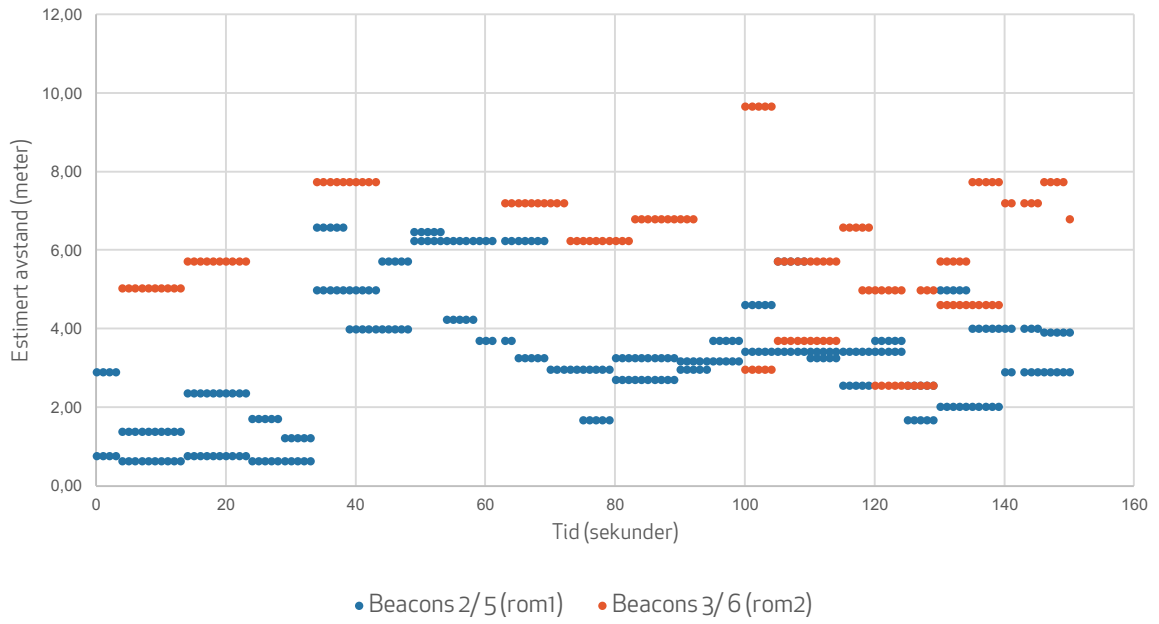


Test Nr. 4 - Separasjon mellom rom, Samsung Galaxy Note 3, rom 2

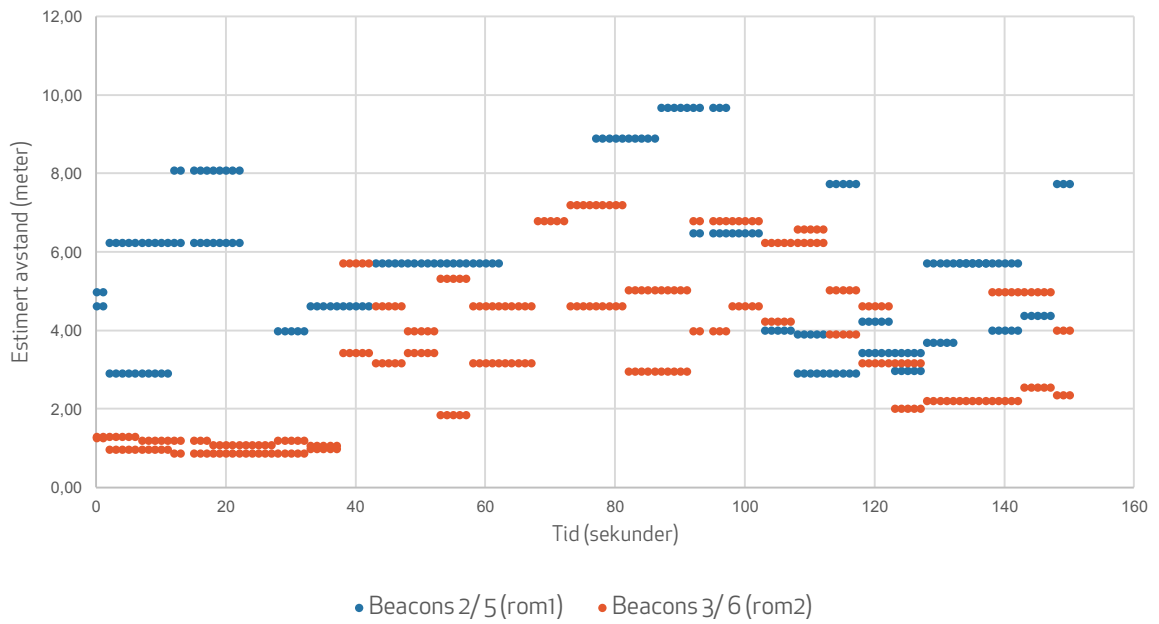




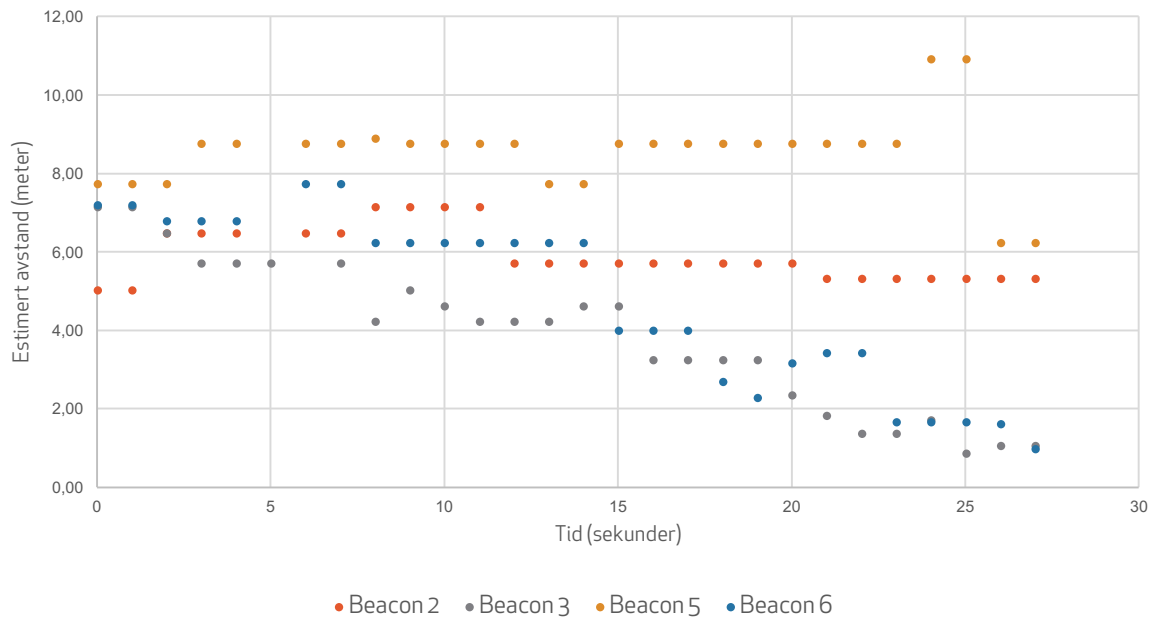
Test Nr. 4 - Separasjon mellom rom, Acer Z530, rom 1



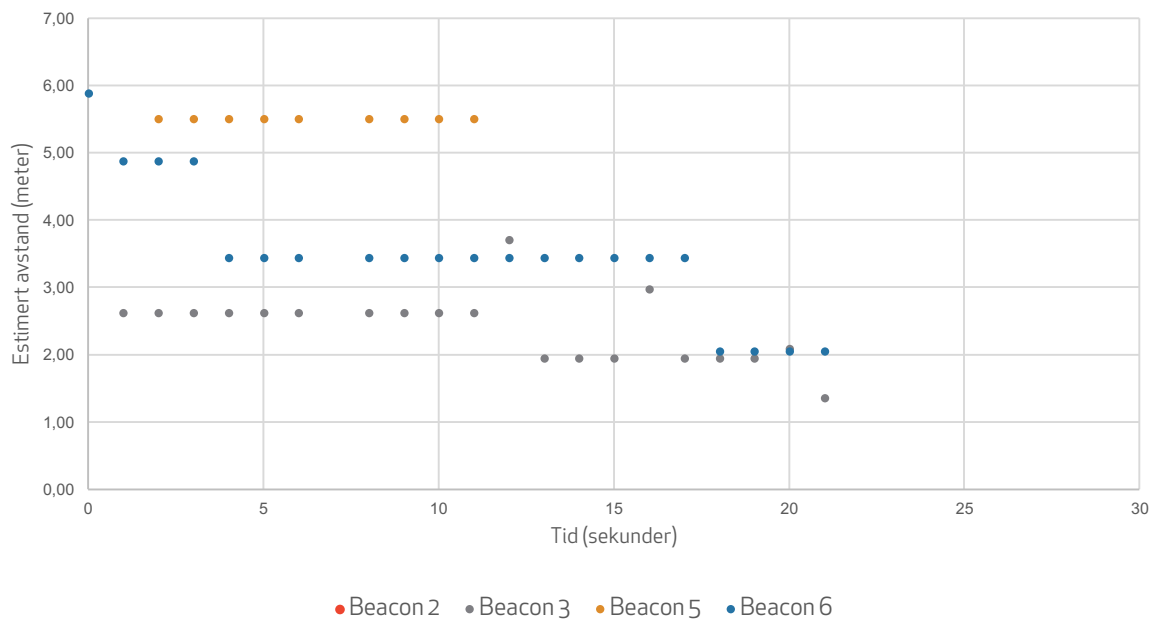
Test Nr. 4 - Separasjon mellom rom, Acer Z530, rom 2



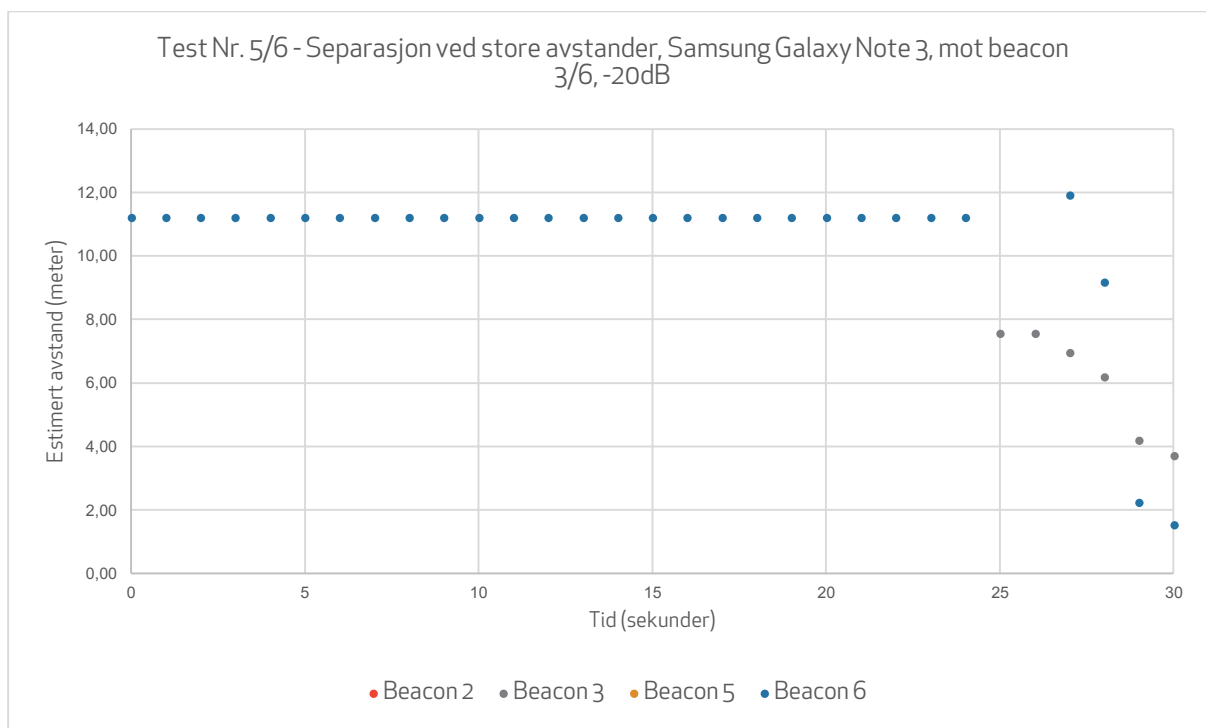
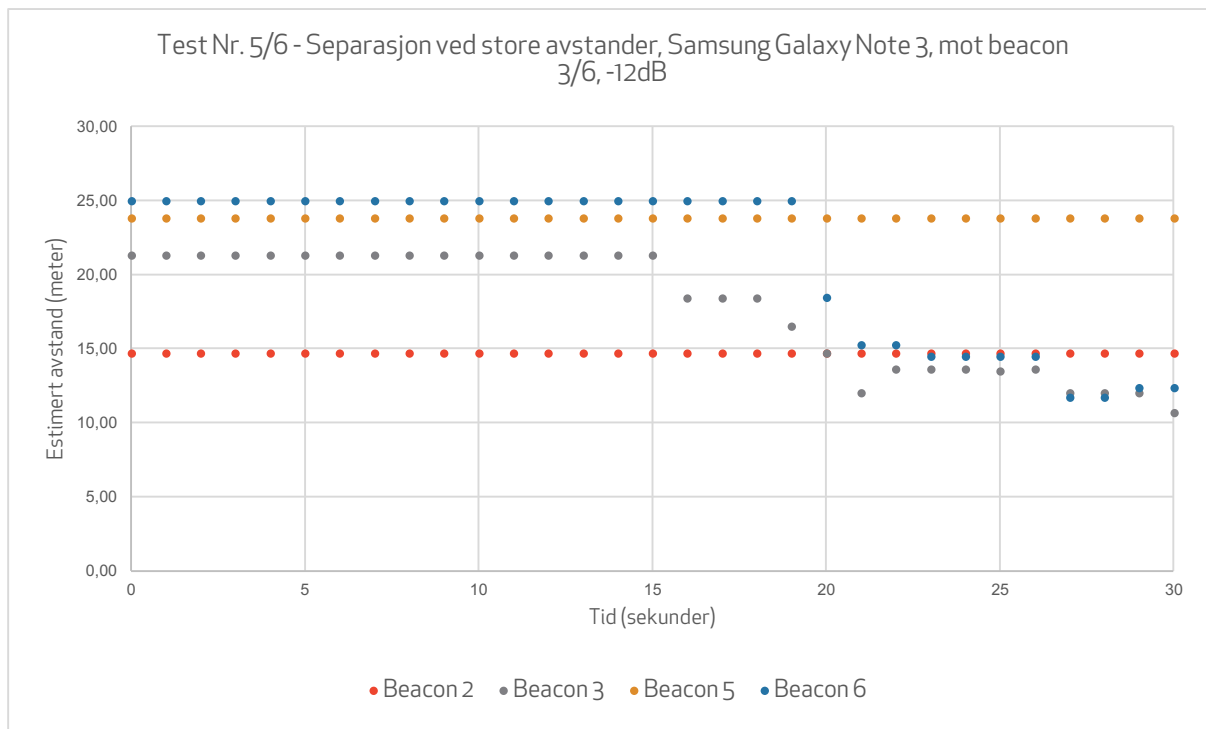
Test Nr. 5/6 - Separasjon ved store avstander, Huawei P8, mot beacon 3/6, -12dB



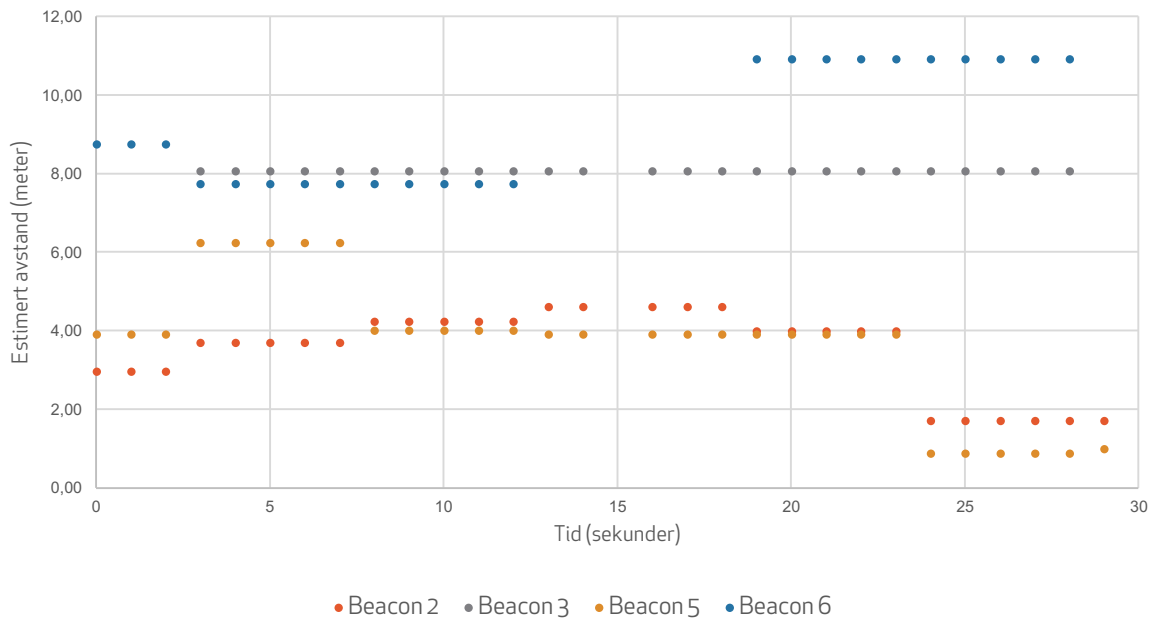
Test Nr. 5/6 - Separasjon ved store avstander, Huawei P8, mot beacon 3/6, -20dB



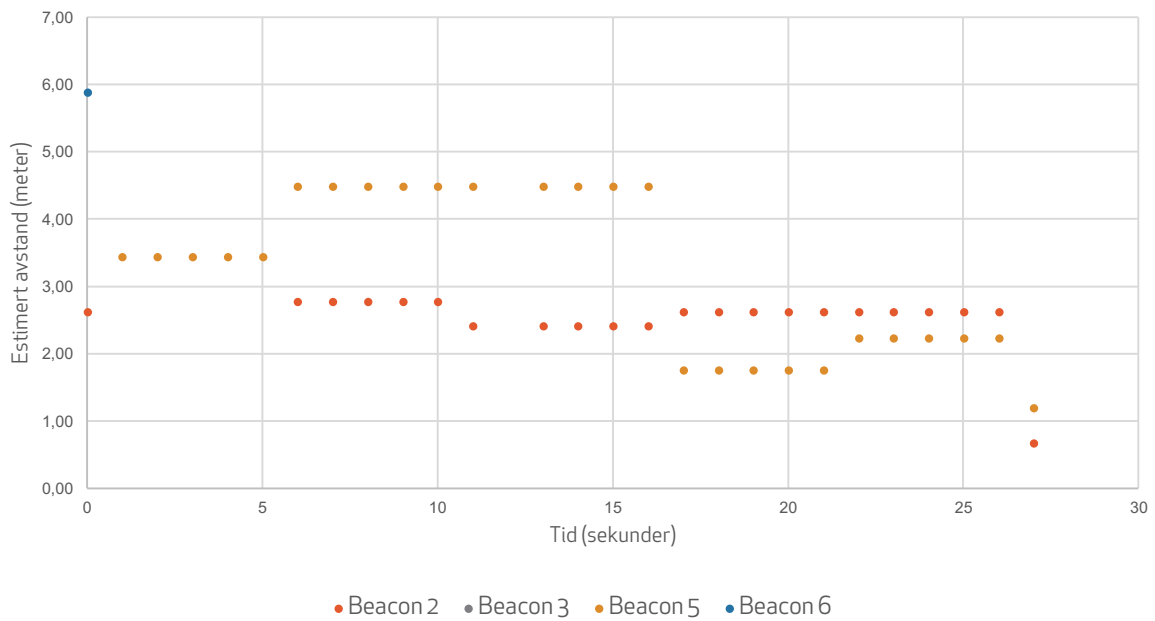


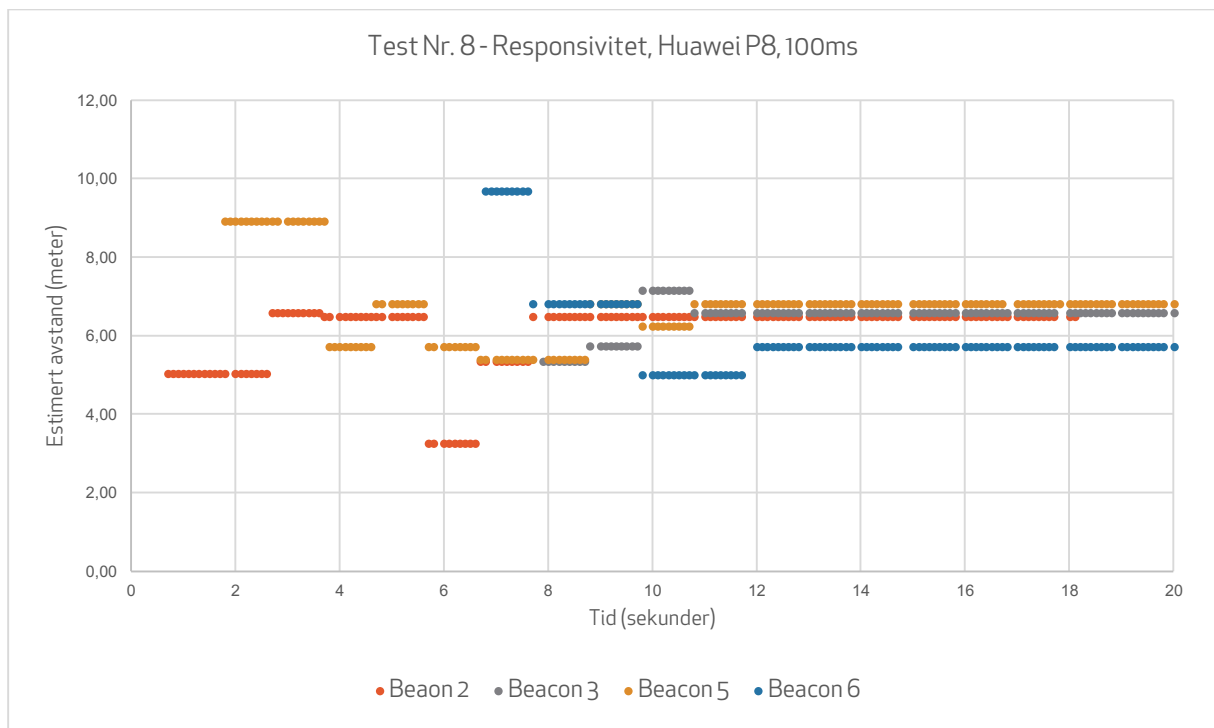
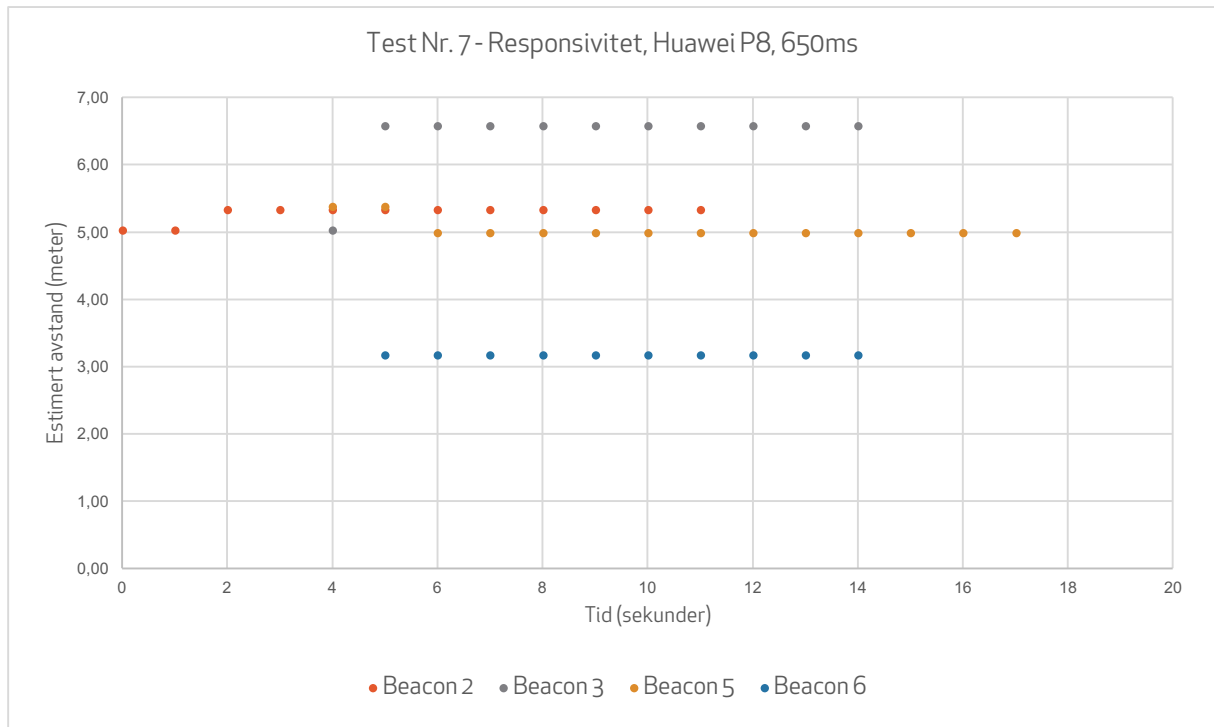


Test Nr. 5/6 - Separasjon ved store avstander, Acer Z530, mot beacons 2/5, -12dB

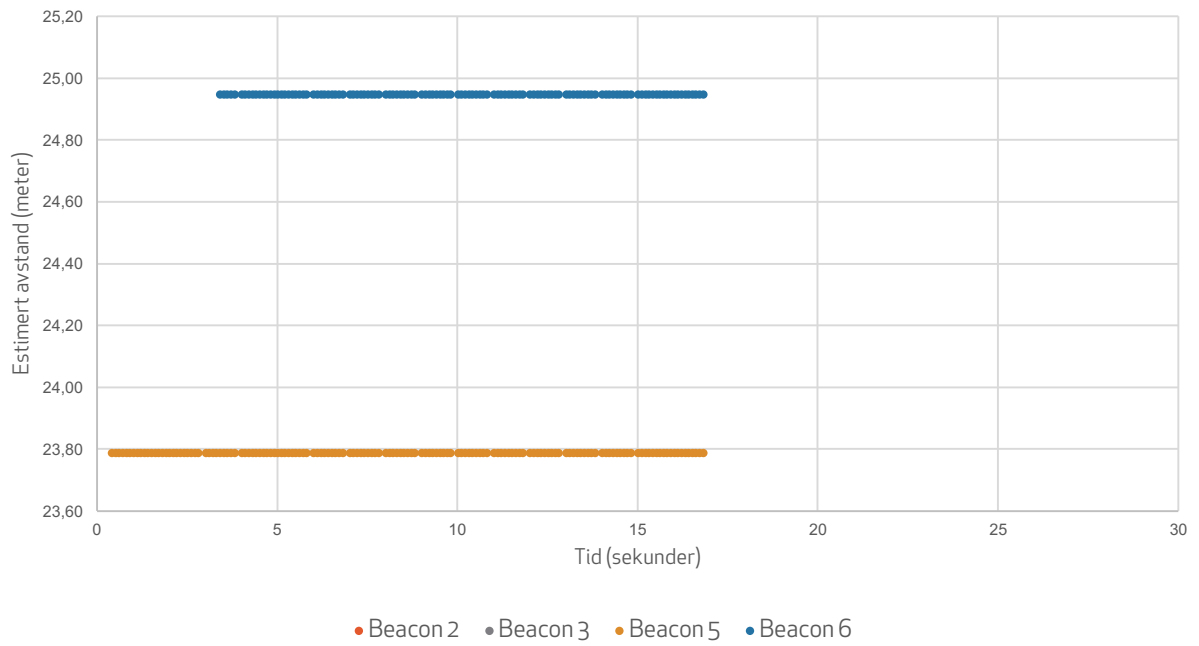


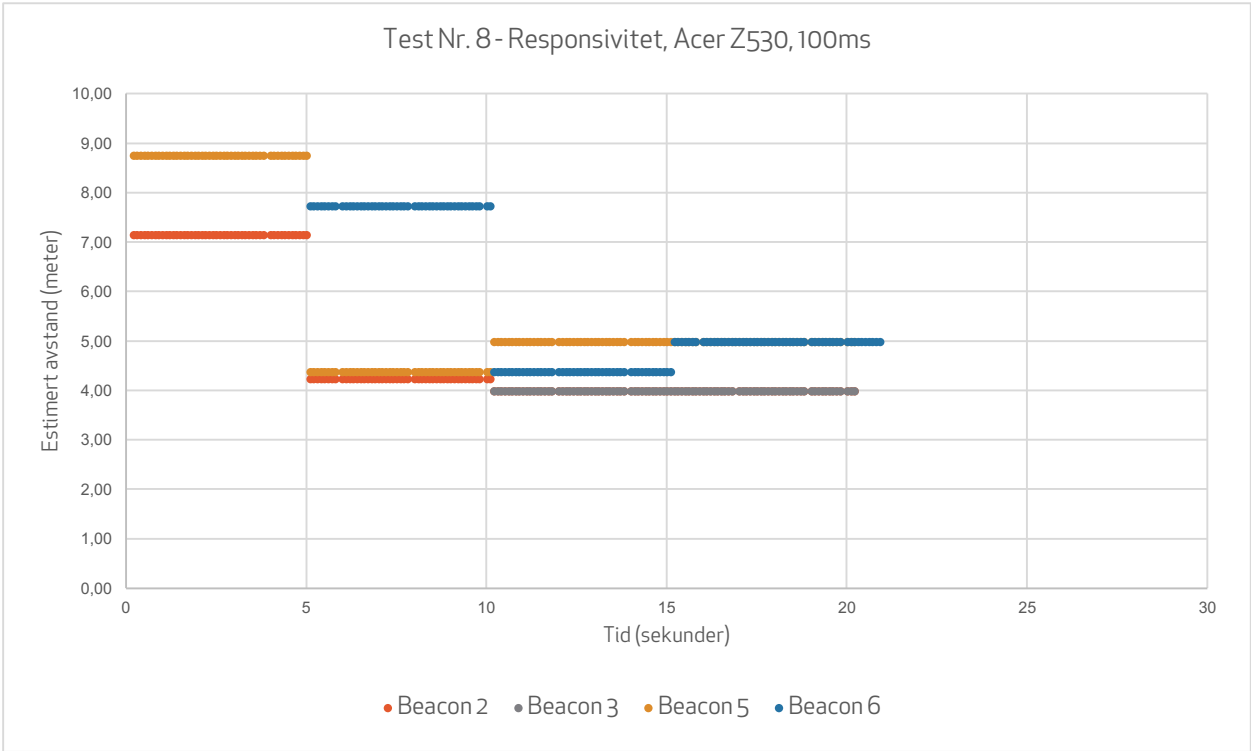
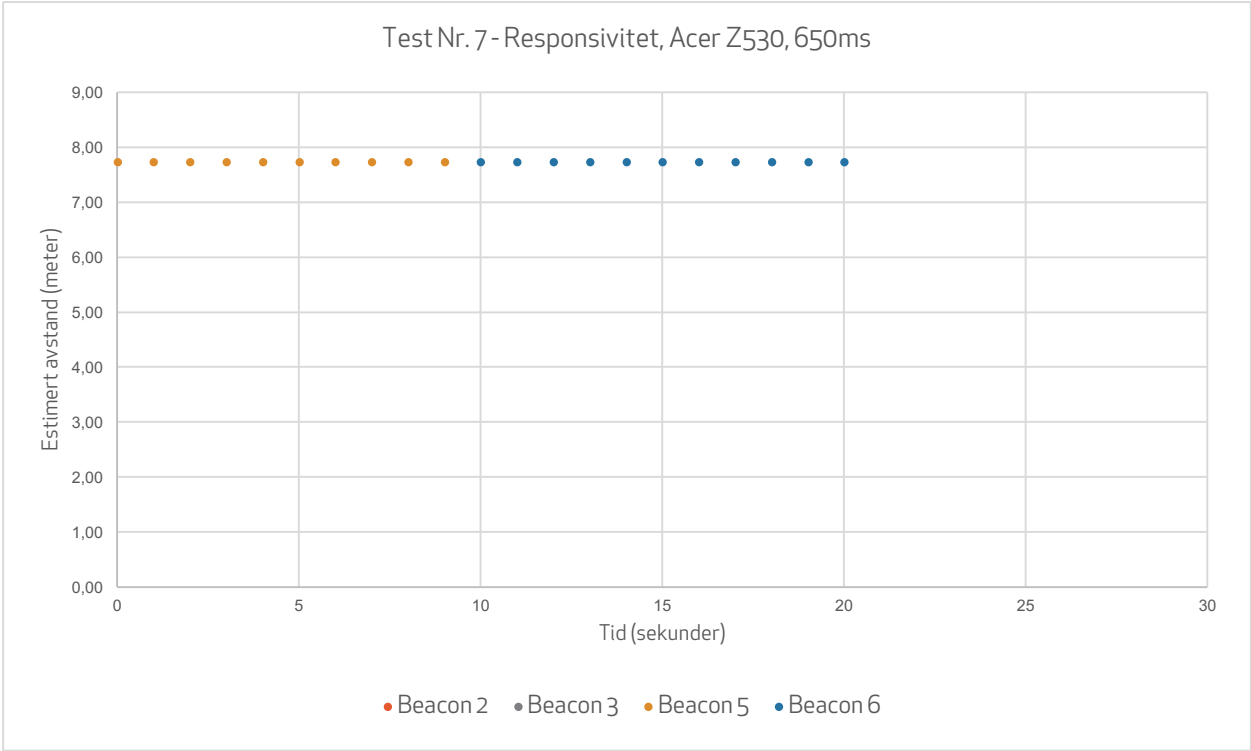
Test Nr. 5/6 - Separasjon ved store avstander, Acer Z530, mot beacons 2/5, -20dB





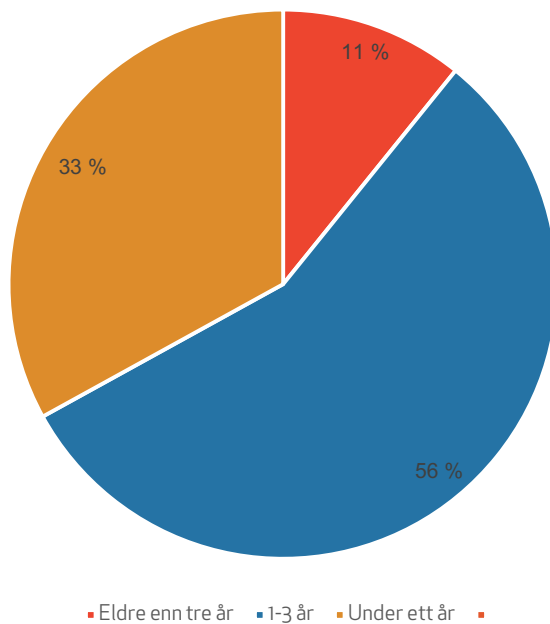
Test Nr. 8 - Responsivitet, Samsung Galaxy Note 3, 100ms (ingen data målt ved 650ms)



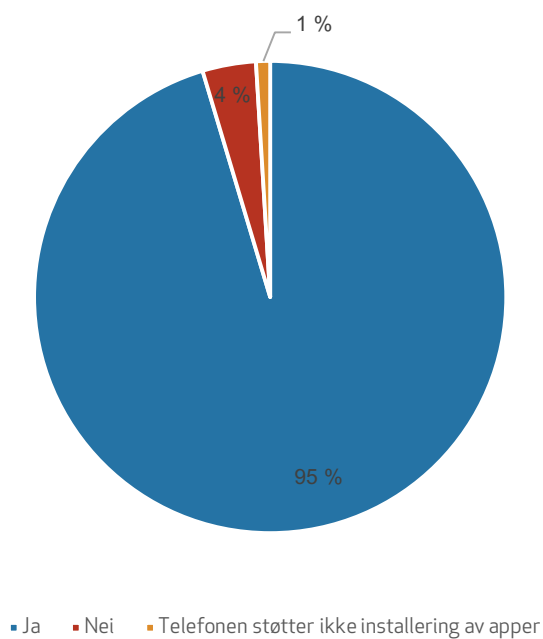


## Appendix 4 - Brukerundersøkelse

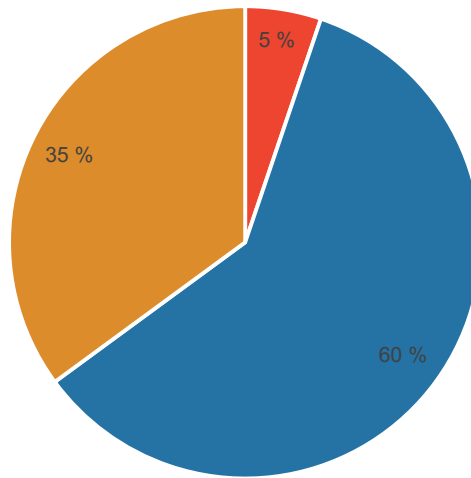
Hvor gammel er din mobiltelefon?



Vet du hvordan du installerer en app på telefonen din?

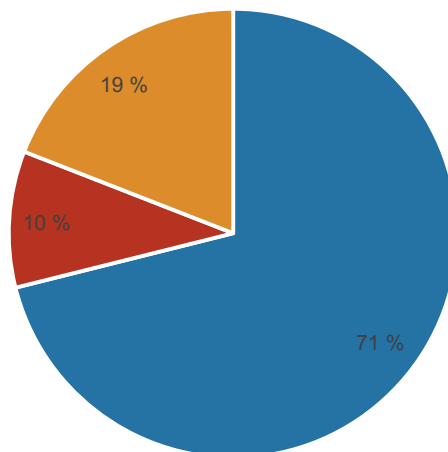


Hvilken telefon har du?



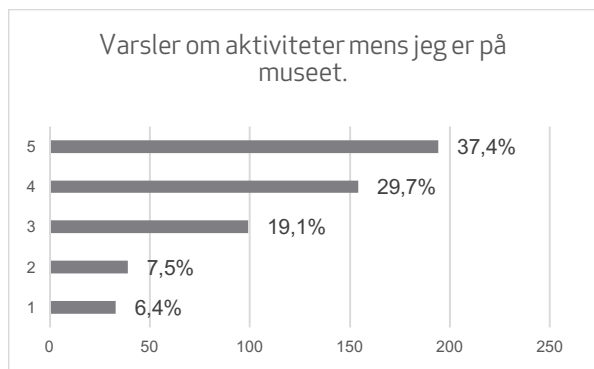
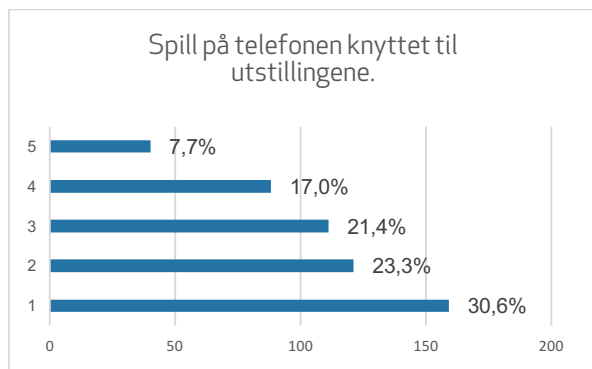
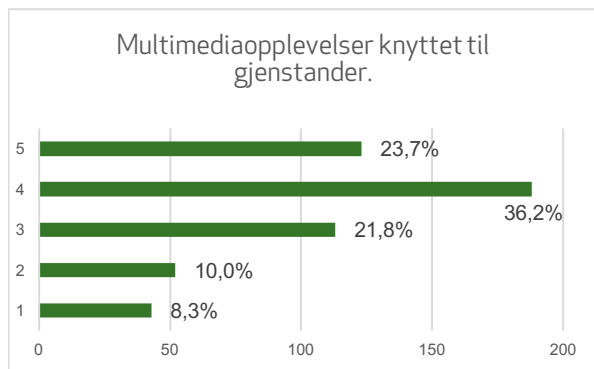
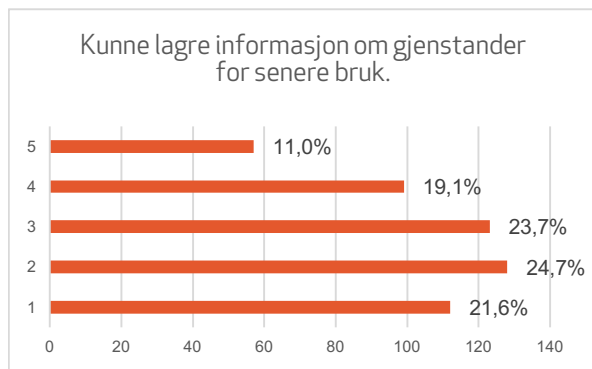
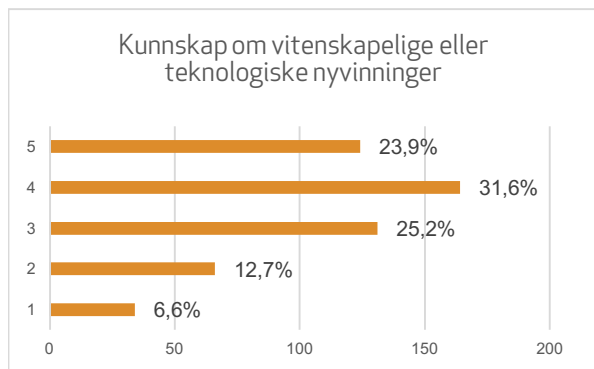
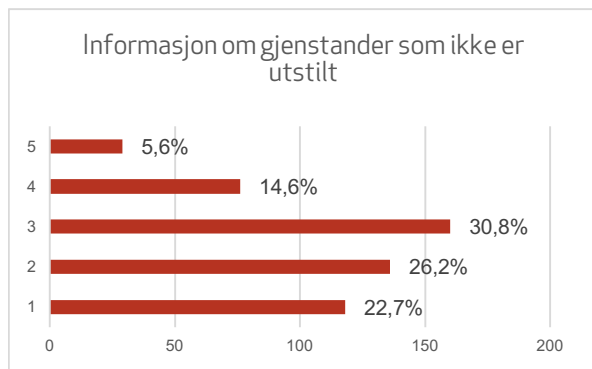
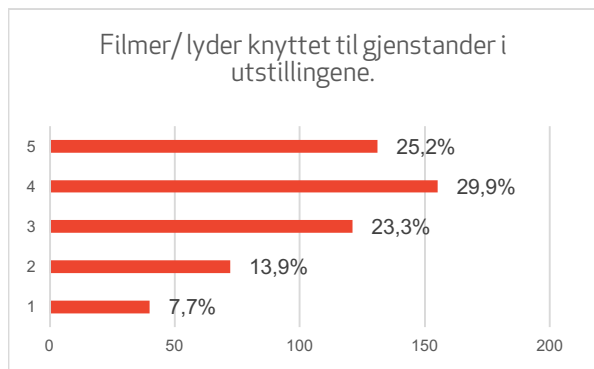
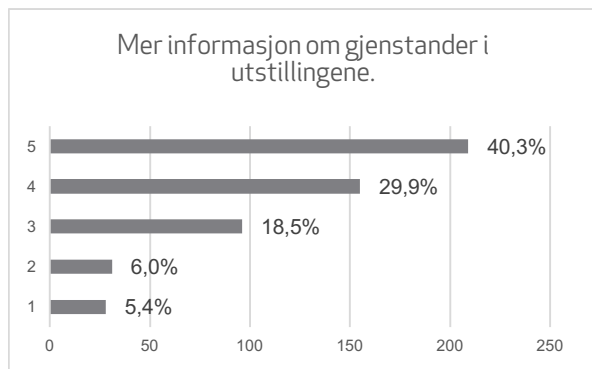
■ Windows/ Symbian/ Blackberry mfl. ■ iPhone ■ Android

Hvis du besøkte Teknisk museum, kunne du tenkt deg å laste ned en app som ga deg skreddersydd informasjon til ditt besøk og guidet deg gjennom utstillingen?

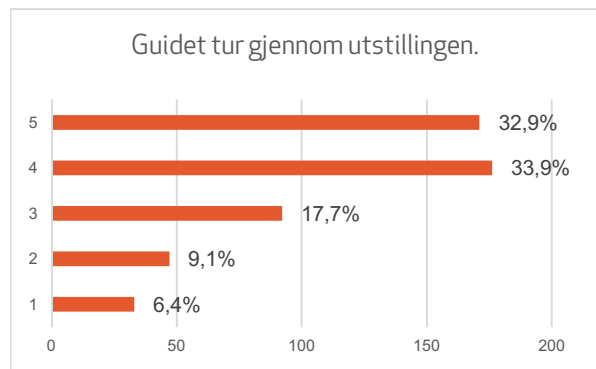
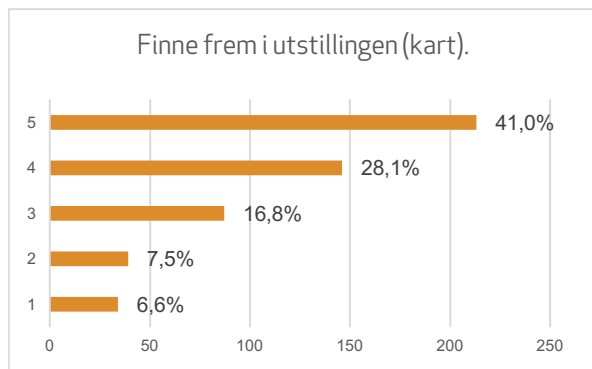
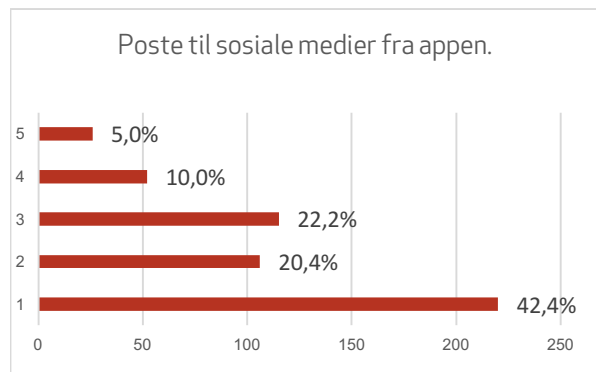
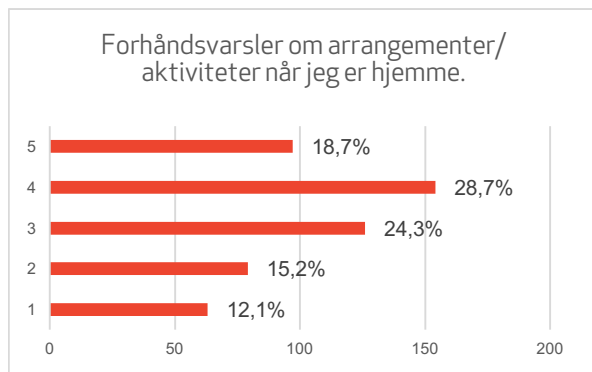


■ Ja ■ Nei ■ Kanskje

Spørsmål: Hvor viktig er følgende innhold i en museumsapp på en skala fra 1-5 hvor 5 er viktigst?







Rapporten er utarbeidet av en prosjektgruppe ved Norsk Teknisk Museum.

Prosjektgruppas medlemmer/kontaktpersoner:

Joel Boaz

Tobias Messenbrink

Henning Sandsdalen

Norsk Teknisk Museum

Kjelsåsveien 143

0491 Oslo

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

Prosjektet er støttet av Norsk kulturråd.



KULTURRÅDET

Arts Council  
Norway

Oslo, August 2016

