



Kunnskap for en bedre verden

INSTITUTT FOR INDUSTRIELL ØKONOMI OG TEKNOLOGILEDELSE (IØT)

TIØ4852 - EKSPERTER I TEAM - TINGENES
INTERNETT (IoT) SMARTE BEDRIFTER OG BYER

Prosjektrapport

Gruppe 1:

Berthelsen, Patric André

Bhatnagar, Adi

Blikås, Mikael Hatlenes

Ekornrød, Emil Nøding

Nilsen, Martin Johannes

Wang, Fredrik Wilhelm Butler

Årsandøy, Frida Xiang Nordås

Mai, 2022

Forord

Prosjektet ble gjennomført av NTNU-studenter våren 2022 i emnet TIØ4852 Eksperter i Team - Tingenes Internett (IoT) - Smarte bedrifter og byer. Arbeidsteamet bestod av syv studenter fra ulike studieprogram, henholdsvis datateknologi, elektronisk systemdesign, informatikk, industriell økonomi og teknologiledelse, ledelse av teknologi samt industriell kybernetikk. Ettersom gruppens medlemmer innehar ulike faglig bakgrunn, har det blitt gjennomført et tverrfaglig prosjekt for å utnytte bredden av kompetansen innad. Dette medførte også at samtlige av medlemmene følte at de har fått bidratt til rapporten.

Vi ønsker å takke Vemund Kristiansen fra NordKontakt, Marianne Bahr Simonsen fra Kraft, landsbyleder Per Johnny Nesse, og fasilitatorer Abirami Kularas og Marte Andrea Astad Paulshus for gode møter og hjelp underveis i prosessen.

Sammendrag

Denne rapporten tar for seg utvikling og testing av en prototype for overvåkning av luftpartikler. I samråd med den tekniske løsningen ble det utviklet en forretningsmodell ved hjelp av verktøyet Lean Canvas, for å kartlegge det overordnede kommersialiseringspotensialet til et slikt produkt.

Oppgaven undersøkte også behovet og samfunnsnyttene for en slik IoT-løsning. Prototypen ble koblet opp mot Telenor MIC cloud, som visuelt presenterer dataen på et dashboard. Innsamlet data ble videre sammenlignet med data fra en av Miljødirektoratet og kommunene sine stasjoner for overvåkning av luftkvalitet i Trondheim. Mot slutten av rapporten blir tanker om videre arbeid presentert, med hensyn på både forretningsmodellen og den tekniske løsningen.

Innhold

1	Introduksjon	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Behov	2
1.3	Problemstilling	3
2	Teori	4
2.1	Internet of Things	4
2.2	Mikrokontroller	4
2.3	LTE-M	5
2.4	CoAP	5
2.5	Svevestøv og lovverk	5
2.6	Lean Start-Up	6
2.7	Minimum Viable Product (MVP)	6
2.8	Forretningsmodell	6
3	Metode og verktøy	9
3.1	Foreslått løsning	9
3.2	Utvikling av prototype	10
3.2.1	Programmeringsspråk og rammeverk	10
3.2.2	Utviklingskort	10
3.2.3	Partikkelmåler	10
3.2.4	Simulering av data	11
3.2.5	Oppkobling mot skytjeneste	11
3.3	Testoppsett for målinger	11
3.4	Utvikling av forretningsmodell	12
3.5	Nordkontakt om IoT	12
4	Resultater	13

4.1	Måledata fra partikkelsensor	13
4.2	Miljødashboard	13
4.3	Forretningsmodell	14
4.3.1	Lean Canvas Model	14
4.3.1.1	Customer Segments	15
4.3.1.2	Problem	15
4.3.1.3	Revenue Streams	16
4.3.1.4	Solution	17
4.3.1.5	Unique Value Proposition	17
4.3.1.6	Channels	18
4.3.1.7	Key Metrics and Cost Structure	19
4.3.1.8	Unfair Advantage	19
4.3.1.9	Partners	20
4.3.2	Oppstart av IoT-lab	20
5	Diskusjon	22
5.1	Begrensninger ved prototype	22
5.2	Forretningsmodellen	23
5.3	Videre arbeid	23
5.3.1	Tekniske komponenter	24
5.3.2	Forretningsmodell	24
6	Konklusjon	25
	Referanser	26
	Appendix	29
A	Miljødashboard	29

1 Introduksjon

I denne seksjonen introduseres prosjektet. Det er fokus på tre elementer: Bakgrunn for oppgaven, behov for produktet og konkretisering av problemstillingen.

1.1 Bakgrunn

Faget EiT, Eksperter i Team, er et mastergradsemne ved NTNU der studenter har mulighet til å utvikle sin tverrfaglige samarbeidskompetanse [26]. Studenter fra ulike fagretninger blir delt inn i landsbyer, eller emner, der man jobber med forskjellige problemstillinger innen temaet til landsbyen. I landsbyen Tingenes Internet - Smarte Bedrifter og Byer fikk hver gruppe utdelt en unik oppgave av ansvarlig landsbyleder. Her ble gruppen tildelt en relativt åpen oppgave som omhandlet utvikling og testing av en prototype med en mikrokontroller og en partikkelsensor, i tillegg til å utarbeide en forretningsmodell for enheten. Et unikt aspekt ved landsbyen er at man skal forholde seg til eksterne kontaktpersoner. Gruppen forholdt seg til to interessenter: Nordkontakt og Kraft ved Bodø kommune. Kraft er et samarbeidsprosjekt på tvers av privat og offentlig næring med mål om å fremme bærekraftig by og samfunnsutvikling. Her er Bodø kommune største aksjonær med 40% andel, mens resten er større og mindre bedrifter som holder til i Bodø. Nordkontakt er blant annet én av disse. Etter et møte med kontaktpersoner fra Nordkontakt og Kraft ble retningen for oppgaven staket ut sammen, der sentrale tanker var å fremme bærekraft, sette lys på IoT og nytteverdi på kort og lang sikt.

Innledende var oppgaven nokså vag, med rom for påvirkning basert på hva gruppen ønsket å fokusere på. Her var det sentralt å utarbeide en problemstilling i fellesskap, som fikk utnyttet ferdighetene og kunnskapen gruppens medlemmer innehar. Dette resulterte i et forsøk på å koble sammen de ulike faktorene som hadde blitt presentert av landsbyleder, Nordkontakt og Kraft. Prosjektet inkluderte derfor både utvikling av en partikkelmåler og en forretningsmodell som skal vise hvordan en IoT-løsning kan bringes til markedet. Et viktig punkt under utviklingen av forretningsmodell er potensielle samarbeidspartnere og muligheten for å utforske etablering av en IoT-lab basert i Bodø.

1.2 Behov

I FNs bærekraftsmål for 2030 nevnes det eksplisitt under punkt tre, *God helse og livskvalitet*, at antall dødsfall forårsaket av farlige kjemikalier og forurenset luft, vann og jord skal betydelig reduseres [8]. *Institute for Transformative Technologies* nevner at IoT kreves for å løse dette bærekraftsmålet på sin liste over 50 kritiske vitenskapelige og teknologiske fremskritt som trengs for en bærekraftig global utvikling. Punkt tre på denne listen er et nettverk av lavkost distribuerte overvåkningssensorer for å måle og kartlegge luft- og vannkvalitet [13]. En type sensorer som er kritiske for å måle og kartlegge luftkvalitet er partikkelsensorer, som overvåker mengden svevestøv i luften. Det vil altså kunne gi stor samfunnsnytte å utvikle et billig og relativt nøyaktig produkt som måler svevestøv, og som kan plasseres på avsidesliggende steder og er oppkoblet til internett. Per idag måles luftkvaliteten med få dedikerte målestasjoner. For å oppnå et mer representativt bilde av hvordan lokal luftkvalitet er i større byer, kan det være nødvendig med flere målepunkter. Dette vil være visjonen for prosjektet.

Ettersom Kraft er et senter for bærekraftig samfunnsutvikling, hadde de et ønske om at prosjektet skulle omhandle utviklingen av en prototype som kan bidra til å fremme teknologisk utvikling og bærekraft i Nord-Norge. IoT-miljøet i Bodø og Salten er lite per i dag, men Kraft ønsket å bidra til vekst i denne bransjen. Kraft ga dermed gruppen relativt frie tøyler til prosjektets omfang og innhold, og som følge av at Nordkontakt tilbydde seg å sende en partikkelsensor til gruppen, ble dette raskt valgt som fokusområde. Kraft og Nordkontakt har også vurdert å utvikle en åpen dashboard-løsning for IoT-produkter, for måling og kartlegging av diverse forurensning og liknende i Nord-Norge. Et IoT-produkt som kan måle svevestøv i luften passer derfor veldig bra til en slik løsning, og kan for eksempel brukes til måling og kartlegging av luftforurensning i industriområder, luftkvalitet innendørs eller forurensning i luften ved bilveier.

1.3 Problemstilling

Basert på bredden i temaene som skal dekkes har gruppen formulert følgende todelt problemstilling:

”Utforske mulighetene for utvikling av et IoT-basert miljødashboard, ved å utvikle en prototype av en partikkelmåler, og å analysere kommersialiseringspotensialet ved hjelp av en forretningsmodell.”

Den første delen er av teknisk karakter og skal prøve å svare på hvordan man billig og effektivt kan måle luftpartikler og gjøre dataen tilgjengelig på en oversiktlig måte for interessenter. Den andre delen er forretningsrettet og skal utforske hvordan en slik løsning kan kommersialiseres og skales.

For å svare på den todelt problemstillingen har gruppen funnet det hensiktsmessig å sette seg inn i rollen som et *Lean Start-Up* som er i gang med et pilotprosjekt i samarbeid med Kraft i Bodø. I pilotprosjektet skal gruppen utvikle og teste en prototype av en målestasjon for måling av luftpartikler, som fungerer som et *Minimum Viable Product (MVP)*. I tillegg skal denne løsningen kobles til et *dashboard*, der dataene fra målingene kan fremstilles og deles med resten av befolkningen, slik at flere kan få oversikt over hvordan luftkvaliteten endres over tid og område.

Gjennom å utvikle en MVP av en IoT-enhet vil gruppen kunne utforske viktige temaer som faller innenfor landsbyens omfang ved at gruppen må jobbe direkte med eksisterende løsninger for IoT. Forretningsplanen som er forespeilet vil belyse en mulig løsning som vil bidra inn mot utviklingen av smarte byer. I tillegg vil oppstart av en IoT-lab i Bodø diskuteres for å sikre vedvarende utvikling av smarte løsninger. Slik vil samfunnsnyttene av en IoT-løsning bli illustrert. Ved å ha en todelt problemstilling får gruppen dratt nytte av den tverrfaglige kompetansen som er tilgjengelig, og hvert gruppemedlem får mulighet til å aktivt bidra på prosjektet.

2 Teori

Problemstillingen krever et tverrfaglig perspektiv, henholdsvis datateknisk og forretningsrettet. Denne seksjonen har som formål å gi en kort innføring i teorien som er relevant for å bedre kunne forstå og løse problemstillingen som er gitt.

2.1 Internet of Things

Internet of Things (IoT), eller Tingenes Internett på norsk, er ifølge Øverby [39] et nettverk av enheter som kommuniserer med hverandre og kan utveksle data. Enhetene er utstyrt med sensorer, nettverk, programvare, samt prosessorer, og er typisk drevet av batteri. Ifølge Teknologirådet [15] handler det om at smarte ting automatisk genererer informasjon fra det fysiske liv, uten at man bruker tid på det eller legger merke til det. I sin enkleste form innebærer IoT at man kan overvåke og styre tingene rundt oss. Tingene kan også lære av tidligere erfaringer og av omgivelsene, og automatisk tilpasse seg brukernes vaner.

I Jolly [16] er det gjengitt en liste over de generelle utfordringer som IoT løsninger kan møte på. De som kanskje er mest relevante for denne oppgaven er:

- Konnektivet - hvordan enheten kobles opp til internett. En dårlig oppkobling kan resultere i høyere strømforbruk
- Koeksistens - hvordan flere enheter kan eksistere på samme nett. Dette kan være et problem på spesielt bredbånd
- Cybersikkerhet - hvor sikker en enhet er når den er koblet til internett
- Kontinuitet - evnen en enhet har til å fortsette å operere over lengre tid

Det blir ikke beskrevet noen spesifikke løsninger på disse problemene, men fagteksten har mer som formål å bevisstgjøre de utfordringene man kan forvente å støte på.

2.2 Mikrokontroller

En mikrokontroller er en integrert krets som i tillegg til en prosessor innehar for eksempel minne eller I/O-enheter [17]. Mikrokontrollere kan benyttes ved overvåking eller styring. En bil har eksempelvis flere hundre mikrokontrollere for å overvåke

lufttrykket i dekkene, ladingen til en elbil eller styre innsprøytingen til en forbrenningsmotor.

2.3 LTE-M

Long Term Evolution for Machines (LTE-M) er en type Low Power Wide Area Network (LPWAN). Nettverksstandarden er designet for IoT enheter som bruker lav datahastighet og krever lang batteritid. LTE-M oppnår dette ved å bruke en forenklet versjon av vanlig 4G med lavere datahastighet [33].

2.4 CoAP

The Constrained Application Protocol (CoAP) er en nettverksprotokoll som brukes av enheter med lite minne og prosessorkraft som kommuniserer over begrensede nettverk. CoAP er designet slik at det lett kan interagere med HTTP samtidig som det tilbyr kommunikasjon med lite overhead, og lav kompleksitet ved formatering [32]. CoAPs interaksjonsmodell minner om klient/server modellen til HTTP [24].

2.5 Svevestøv og lovverk

”Svevestøv er en fellesbetegnelse på små partikler som kan holde seg svevende i luften over lang tid. Partiklene kan stamme fra blant annet industriutslipp og biltrafikk, og fra vinddrevet jorderosjon og kalles da primærpartikler”, Store Norske Leksikon [9].

Ifølge Folkehelseinstituttet [19] klassifiseres svevestøv basert på diameteren til partikkelen. Det finnes fire kategorier: Ultrafint, finkornet, grovt og finkornet+grovt. Sensorenheten gruppen har tatt i bruk måler støv og partikler med fire ulike diameter: 1, 2.5, 4 og 10 mikrometer (μm). Det har dog kun blitt tatt i bruk størrelsene 2.5 (PM2.5) og 10 (PM10) i dette prosjektet, ettersom det er disse som blir brukt av den europeiske indeksen for luftkvalitet [7]. Svevestøv har både langtids- og korttidseffekter på helsen, og er spesielt ugunstig for sårbare grupper som for eksempel plages med astma. For denne gruppen kan eksponering virke forverrende. Låg & Bølling [19] skriver i en rapport publisert av Folkehelseinstituttet at *luftforurensning er blant de miljøfaktorene som bidrar mest til sykdom og død, både i Norge og i resten av verden*. Dermed er det naturlig at det blir regulert av lovverk.

Det er i all hovedsak forurensningsforskriften som er relevant for denne oppgaven. Paragraf 7-3 og 7-4 konstaterer at ansvaret for å opprettholde tilfredsstillende verdier

ligger hos anleggseiere og kommunen. §7-6 handler om grenseverdiene for partikler, som for eksempel at partikler i størrelsesområdet 0-10 μm ikke skal overstige 50 $\mu g/m^3$ i løpet av et døgn [18]. I tillegg er det egne paragrafer dedikert til anbefalte nivåer. Essensen er at det er et behov for kontinuerlig overvåking av svevestøv for både kommuner og anleggseiere, både for å unngå unødvendige kostnader, men også for å kunne iverksette begrensende tiltak.

2.6 Lean Start-Up

Lean Start-Up er en arbeidsmetodikk som ble popularisert av E. Ries, en amerikansk entreprenør, på tidlig 2010-tallet. Som beskrevet av Blank [4] feiler 75% av Start-Ups, noe metodikken introdusert av Ries prøver å gjøre noe med ved å fokusere på iterative prosesser, og kontinuerlig forbedring for å møte kundenes behov. Metoden fokuserer på utvikling av "minimum viable products" (MVP) for å komme raskere til marked, få tilbakemelding av kunder og anvende dette i nye utviklingsiterasjoner med inkrementelle forbedringer. Lean-aspektet blir reflektert i at fokuset ligger på verdistrømmen som genererer verdi for Start-Up'en, og man kutter ut alt som ikke harmonerer med dette.

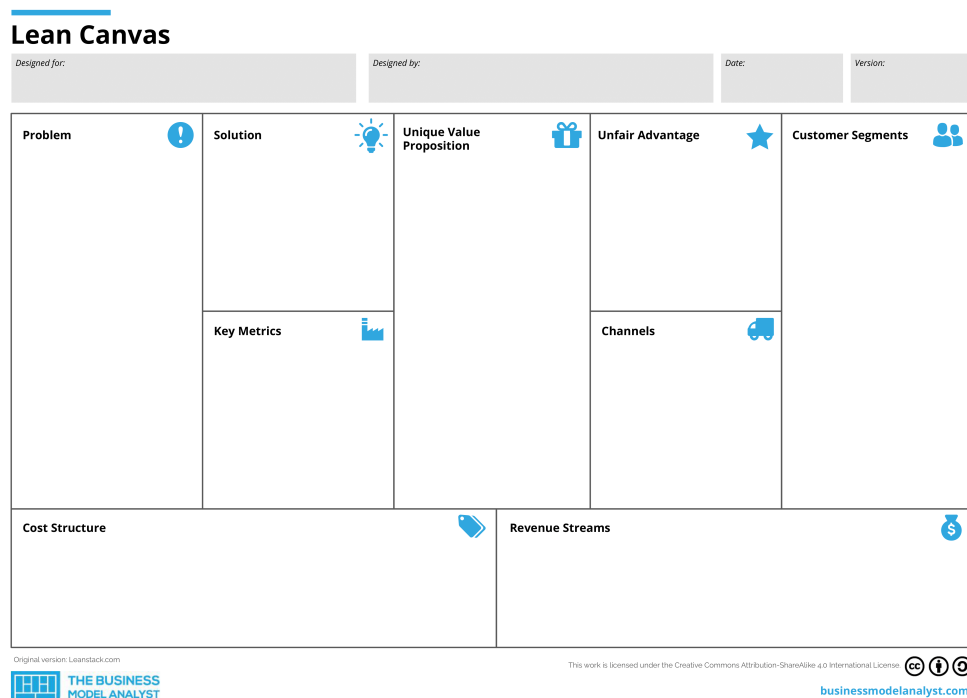
2.7 Minimum Viable Product (MVP)

Minimum Viable Product, eller *enkleste brukbare produkt* på norsk, er et produkt kun bestående av nøkkelfunksjonaliteter som muliggjør at produktet kan brukes [30]. Dette tas typisk i bruk for å teste en idé eller et produkt mot et utvalg brukere, ettersom det er relativt høy avkastning på investering i forhold til risikoen, da det ikke brukes for mye tid og ressurser på utvikling av produktet.

2.8 Forretningsmodell

En forretningsmodell er et verktøy som en bedrift eller organisasjon benytter seg av for å modellere ideen sin [2]. Modellen inngår normalt som en del av bedriftens overordnede forretningsstrategi, og beskriver hvordan de skal skape, levere og kapre verdi [10]. En viktig årsak til å drive forretningsmodellering er at det er lønnsomt for bedriften, ROI (Return On Investment) for modelleringen er altså høy. Undersøkelser viser også at bedriften kan oppnå bedre samtaler ved å utarbeide en forretningsmodell, og slik gagne bedriften ved å skape et felles språk innad [10].

Lean Canvas, en forretningsmodell skapt av A. Maurya basert på Alexander Osterwalders forretningsmodell, er spesielt tilpasset oppstartsbedrifter, og vil bli benyttet her. Osterwalders forretningsmodell, Business Model Canvas (BMC), består av følgende ni grunnkomponenter eller blokker: Customer segments (kundesegmenter), value propositions (verdiløfte), channels (markedskanaler), customer relationships (kunderelasjoner), key activities (nøkkelaktiviteter), key resources (nøkkelressurser), key partners (samarbeidspartnere), cost structure (kostnadsstruktur) og revenue streams (inntektsstrømmer). Blokkene skal sammen besvare hvilken verdi som skal skapes, hvem verdien skapes for, hvilke ressurser og eventuelt partnere som kreves for at forretningsmodellen skal lykkes [36]. Et Lean Canvas, vist i Figur 10, består også av ni blokker, men til forskjell fra kanvaset til Osterwalder, er fokuset mer rettet på å løse en kundes problem istedet for selve virksomheten [14]. I denne modellen er *key partners* byttet ut med *problem*, *key activities* med *solution*, *key resources* med *key metrics* og *customer relationships* med *unfair advantage* [23].



Figur 1: Lean Canvas Model av Ash Maurya [27]

Customer segments er en kort beskrivelse av hvem man ser for seg å markedsføre produktet mot. Det er spesielt fokus på *early adopters*, som vil si folk som tar til seg produktet raskt. *Problem*-boksen beskriver 1-3 problemer som potensielle kunder opplever i dag, og *Solutions* skal skissere løsningsforslag til disse problemene. *Revenue Streams* skal beskrive i hvilket format produktet skal selges, om det skal være transaksjonsbasert, abonnementsbasert eller hybrid. I denne seksjonen kan man også forespeile tilleggstenester som kan tilbys til kunder. *Channels* forklarer hvor-

dan produktet skal selges, skal det være nettbasert eller skal man inngå partnerskap med etablerte aktører. *Cost Structure* oppsummerer hvor ressurser må allokeres for å produsere løsningen. *Unfair Advantage* forsøker å trekke frem aspekter ved produktet som er unikt, og som ikke enkelt kan kopieres eller kjøpes av andre. Her prøver man å belyse hva som skiller en selv fra andre eksisterende løsninger, og vurderer risikoen for kopiering. *Unique Value Proposition* er en oppsummering av hva som er hovedsalgspunktet ved produktet man tilbyr [5]. Her skal man adressere et behov som kunder har. For å komme fram til det kan man bruke et rammeverk som for eksempel *Value proposition canvas*, også utviklet av Osterwalder. Rammeverket er relativt enkelt og tar utgangspunkt i å se verdiskapningen fra kunden og tilbyderens side. For eksempel: *Hvilke problemer opplever kunden?* og *Hvordan kan vi løse problemene kunden opplever?* Avslutningsvis er *Key Metrics* målsetninger som settes for å vurdere hvordan man ligger an i utviklingen av produktet og kommersialiseringen.

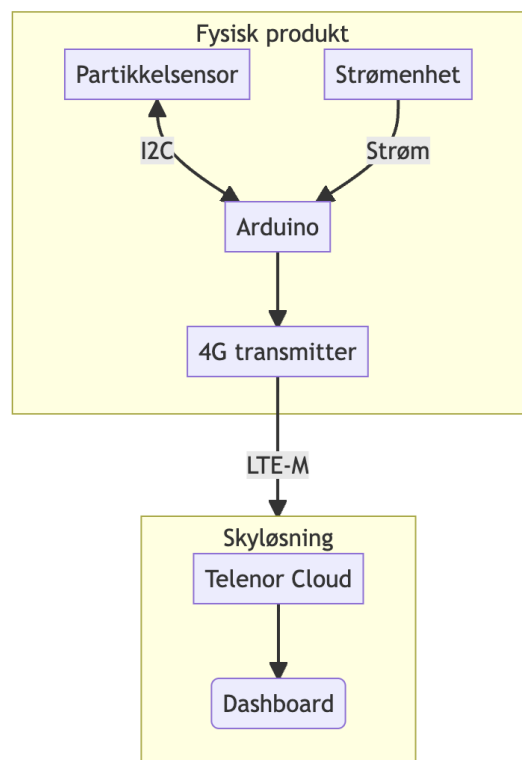
Oppsummert skal et Lean Canvas være et verktøy for å modellere forretningsmodellen på en kort og konsis måte, og på den måten realitetsorientere ens idé på et tidlig tidspunkt i utviklingen [14].

3 Metode og verktøy

I denne delen skal metoder og verktøy som har blitt brukt for å besvare problemstillingen gjennomgås. Det er spesielt fokus på det tekniske aspektet i denne delen.

3.1 Foreslått løsning

I henhold til problemstillingen skulle gruppen utvikle en løsning for måling av partikler i luften. Denne løsningen skal kobles opp mot et informasjonspanel (dashboard) for videre deling av måledata. Gruppen valgte å benytte seg av Telenor MIC (Managed IoT Cloud) som skyløsning for opplasting og framvisning av data. For prosessering valgte gruppen å bruke utviklingskortet Arduino MKR NB 1500, som har muligheter for oppkobling via blant annet LTE-M og NB-IoT. Her ble kun LTE-M tatt i bruk. Tilkoblet utviklingskortet er en partikkelsensor av type *Sensirion SPS30*. Figur 2 viser den foreslåtte løsningen.



Figur 2: Overordnet diagram av løsningen

3.2 Utvikling av prototype

Utvikling av prototype innebærer fysisk oppkobling av komponenter, samt utvikling og testing av kildekode. Prosjektets kildekode er å finne på GitHub¹.

3.2.1 Programmeringsspråk og rammeverk

Gruppen hadde to utviklingskort til rådighet: et Arduino- og et PyCom-kort. Arduino bruker C++ som programmeringsspråk, mens PyCom bruker Python. Gruppen valgte Arduino-kortet over PyCom fordi det allerede var tilgjengelig demokode fra Telenor Start IoT for denne, som var med på å kutte ned utviklingstiden betydelig. Dermed ble C++ benyttet for programmering av utviklingskortet. For simulering av data (se 3.2.4) er JavaScript benyttet.

Rammeverket *PlatformIO* ble tatt i bruk for å programmere enheten [38]. PlatformIO er markedsført som et kryss-kompatibelt, kryss-arkitektur, multi-rammeverk verktøy for innebygde systemer. Verktøyet installeres på et integrert utviklingsmiljø (*IDE*) som Visual Studio Code (VSCode), Atom eller lignende. Dette verktøyet gjør det enklere å programmere innebygde systemer på tvers av systemarkitektur og verktøykjede (*toolchain*).

3.2.2 Utviklingskort

I prosjektet ble utviklingskortet Arduino MKR NB 1500 benyttet, som er basert på mikrokontrolleren SAMD21 Cortex-M0+ 32bit ARM. Kortet er utstyrt med et bredbånd-IoT modem, SARA-R410M-02B, som dekker oppkobling via LTE-M, NB-IoT og EGPRS. Gruppen fikk tildelt et SIM-kort som muliggjør oppkobling til Telenor MIC-løsningen. Komponentene er en del av Telenor sin Start IoT pakke [12], som har som formål å gi utviklere muligheten til å teste og videreutvikle sin løsning, med tilgang til Telenor sitt nettverk og deres skyplattform. Dette inkluderer tilgang til landsdekkende LTE-M og NB-IoT nettverk samt tilgang til Telenor MIC platform.

3.2.3 Partikkelmåler

Nordkontakt bistod opprinnelig med en partikkelmåler av typen *PMS7003* [28]. Etter forsøk på utvikling av en prototype med denne sensoren ble det oppdaget at det var en feilkobling på sensoren. For å løse dette problemet hurtig ble en ny sensor

¹Kodeprosjektet kan aksesseres på GitHub på url: https://github.com/patricab/eit_v2021

bestilt, som et av gruppemedlemmene hadde erfaring med fra tidligere. Den nye sensoren for partikkelovervåking er av typen *Sensirion SPS30* [31]. Denne sensoren måler konsentrasjonen av partikler i luften i størrelsesordenene 1, 2.5, 4 og 10 μm . Partiklene som måles er i kategorien svevestøv (se 2.5), og sensoren har kapasitet til å måle en total partikkelkonsentrasjon i luften på opptil 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Den forventede nøyaktigheten er på $\pm 10\%$ av reell massekonsentrasjon, og sensoren har oppgitt forventet levetid på over 10 år [31]. I oppgaven ble Sensirion sitt Arduino-bibliotek for sensorer av typen *SPS30* benyttet[3].

3.2.4 Simulering av data

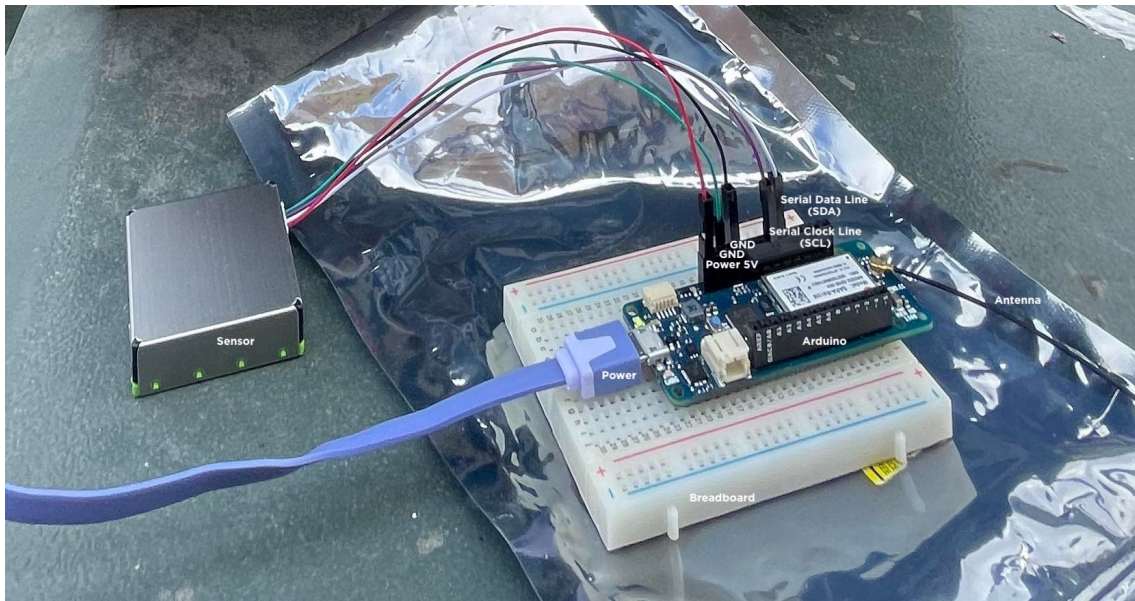
I løpet av utviklingsprosessen ble det benyttet en prosess kalt *mocking*, som innebærer å simulere oppførselen til ekte enheter, for å kunne utvikle både produktet og miljødashboardet parallelt. I denne prosessen genereres data via et kode-script som kobler seg til skyløsningen på samme måte som en ekte sensor. På denne måten ble det mulig å utforme dashboardet før sensoren var ferdig konfigurert. Diverse grafer og visualiseringer kunne settes opp til best mulig å fremstille dataen som sensoren ville produsere. Senere kunne den simulerte dataen byttes ut med ekte sensordata når dette var klart.

3.2.5 Oppkobling mot skytjeneste

Sensordataen sendes til Telenors *Managed IoT Cloud* (MIC) løsning. For å koble sensoren opp mot denne løsningen ble Telenor Start IoTs MIC-workshops [35] benyttet. Måledata sendes som CoAP-pakker (se 2.4) til Telenors skytjeneste ved bruk av LTE-M (se 2.3), hvert tiende sekund. Start IoTs eksempelkode [34] ble brukt for å generere og sende CoAP-pakkene. Start IoT MICs innebygde dashbord ble så brukt til visualisering av dataen.

3.3 Testoppsett for målinger

For å danne et vurderingsgrunnlag rundt effektiviteten og nøyaktigheten til prototypen ble eksisterende målestasjoner for luftkvalitet i Trondheim benyttet. Disse er driftet av blant annet Statens Vegvesen, Miljødirektoratet, og Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) [22]. Målestasjonen på Elgeseter ble brukt som referansepunkt for målingene. For testoppsett, se Figur 3. Tekniske opplysninger for målestasjonene er utgitt i en veiledning fra Miljødirektoratet [20].



Figur 3: Testoppsett brukt for målinger

3.4 Utvikling av forretningsmodell

Forretningsmodellen er basert på Lean Canvas med innspill fra Business Model Canvas. For å konkretisere verdiforslaget er det hensiktsmessig å bruke et rammeverk. Gruppen har valgt å bruke *Value Proposition Canvas*.

3.5 Nordkontakt om IoT

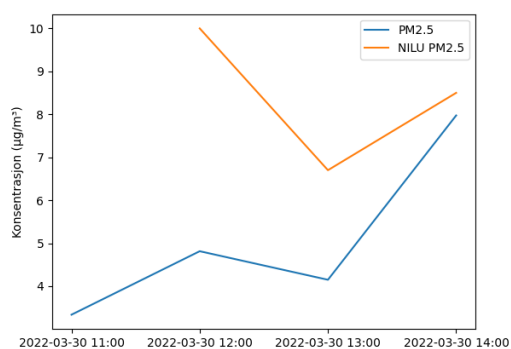
For å innhente mer informasjon og ekspertise om IoT ble det opprettholdt kontakt med Nordkontakt. Nordkontakt arbeider med IoT på et profesjonelt nivå og bistod med ekspertkompetanse innenfor dette området. De presiserte at hovedutfordringen med IoT-produkter per i dag er tilgangen på strøm og levetiden på de tekniske komponentene.

4 Resultater

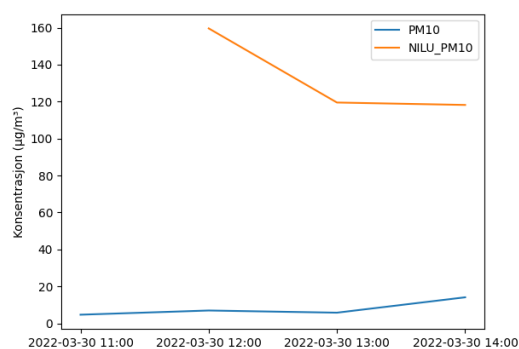
Seksjon 4 vil ta for seg resultatet av den todelt problemstillingen. Først diskuteres den tekniske løsningen med måledata fra partikkelsensor. Deretter følger en grundig gjennomgang av forretningsmodell der hver komponent begrunnes.

4.1 Måledata fra partikkelsensor

Målinger ved bruk av partikkelsensoren følger metodikken beskrevet i kapittel 3.3. Her er det viktig å presisere at målingene som ble gjort i Trondheim ble gjennomført for å teste selve prototypen, men at pilotprosjektet i sin helhet er tiltenkt gjennomført i Bodø kommune. Måledataen er avbildet i Figur 4a og Figur 4b for henholdsvis svevestøv av størrelsesorden $2.5\mu m$ og $10\mu m$.



(a) PM2.5 (Prototype) vs PM2.5 (NILU)



(b) PM10 (Prototype) vs PM10 (NILU)

Figur 4: Målinger tatt den 30.03.2022 - Elgeseter

4.2 Miljødashboard



Figur 5: Illustrasjon av mulig miljødashboard

For å fremlegge målingene, ble måledataene sendt til Telenor sin MIC-løsning, som beskrevet i kapittel 3.2.5. Her kan man visualisere dataen i et miljødashboard, demonstrert i Figur 5. En større og mer lesbar figur er å finne i Vedlegg A.

4.3 Forretningsmodell

For å illustrere forretningsmodellen ble Lean Canvas Model benyttet, som presentert i kapittel 2.8. En ting Lean Canvas derimot mangler, men som Business Model Canvas adresserer, er samarbeidspartnere. Ettersom prosjektet spirer ut av et samarbeid med Telenor, Nordkontakt og Bodø kommune ved Kraft, er det også naturlig å adressere hvordan samarbeidet potensielt kan utvikles på lengre sikt. Resultatet blir en slags hybrid av Business Model Canvas (BMC) og Lean Canvas, der man utvider Lean Canvas med en blokk fra BMC.

4.3.1 Lean Canvas Model

Lean Canvas er fylt inn punkt for punkt i Figur 6. I påfølgende tekst vil hvert punkt i Lean Canvas bli beskrevet nærmere og knyttet opp mot prototypen.

Lean Canvas

Designed for: Gruppe 1		Designed by: Gruppe 1		Date: 02.03.2022	Version: V1
Problem Problem 1 Luftforurensning er problematisk i større byer, og bør kontinuerlig overvåkes av myndigheter for å sikre at svevestøvsnivået ligger på et forsvarlig nivå for byens mange innbyggere. Problem 2 Kun 5 målestasjoner plassert i en større by vil sannsynligvis ikke kunne fange opp de samme dataene som eksempelvis <100 enheter, og dermed dekke et større område og gi et mer informativt bilde av lokale forhold.	Solution - Effektiv, skalerbar og billigere IoT partikkelmåler med tilhørende dashboard for å visualisere datainnsamlingen - Plassere IoT partikkelmålere på flere steder i Bodø kommune Key Metrics Sikre tilfredsstillende / forsvarlig mengde svevestøvsnivå i lufta på et lokalt nivå	Unique Value Proposition Bedre representasjon av de lokale variasjonene av svevestøvsnivået i en større by sammenlignet med kun et fåtall dedikerte målestasjoner. Norsk lokalprodukt.	Unfair Advantage På sikt ved videre utvikling kan kanskje IoT partikkelmåleren bli et "plug and play"-system som kan kjøpes og benyttes av alle privatpersoner på slik bidra inn med data til dashboardet. Channels God avtale med Bodø kommune og tilhørende samarbeidspartnere Markedsføre / annonser produktet overfor flere kommuner og slik ekspandere markedet.	Customer Segments (List your target customers and users) Pilotkunde: Bodø kommune Øvrige potensielle kunder: Andre kommuner	
Cost Structure Faste kostnader: - Lønn personell som skal drive med utvikling, vedlikehold og kundeservice - Innkjøp av utstyr / deler - Logistikk Variable kostnader: - Markedsføring / annonsering			Revenue Streams Transaksjonsbasert: - Betaling for IoT partikkelmåler og dashboard Abonnement: - Vedlikehold / service - Bytte av sensor Tilleggs tjenester: Flere type sensorer som f.eks. måler - Temperatur - Støy - Lysforurensning		

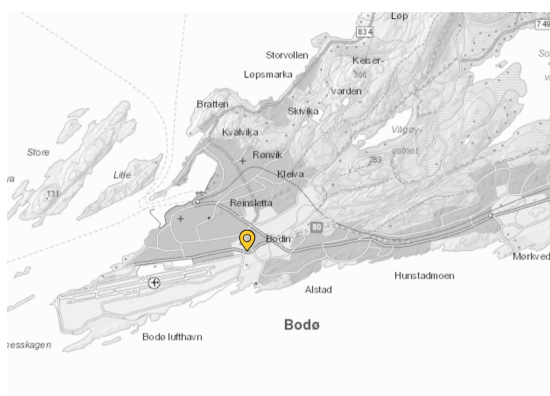
Figur 6: Lean canvas model

4.3.1.1 Customer Segments

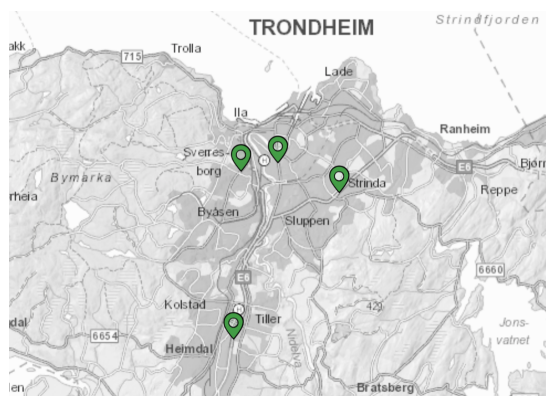
Bodø kommune er en åpenbar del av målgruppen, men det er naturligvis ønskelig å ekspandere kundegruppen til å inkludere flere kommuner ellers i Norge også. I andre rekke kan også anleggseiere, som også har ansvar for å opprettholde tilfredsstillende svevestøvverdier, bli en del av målgruppen. I kapittel 2.5 konstateres det at også anleggseiere er ansvarlige for å opprettholde tilfredsstillende nivåer av svevestøv, derfor kan de på lang sikt også være en viktig målgruppe og potensiell kunde.

For å oppnå flere målepunkter, er det også mulig å fortsette produktutviklingen og kommersialiseringen av prototypen, med mål om å ta prototypen videre til forbrukermarkedet. Eksempelvis kan folk som er opptatt av luftkvalitet i sitt nærområde, og som tillater å dele sine data i henhold til GDPR-regelverket, bidra med data fra sitt målepunkt til dashboardet. Jo flere som velger å dele sine data med fellesskapet, jo flere målepunkter vil kunne dukke opp i dashboardet. Dette kan potensielt minske investeringskostnaden for interesserte kommuner, og kan gjøre løsningen mer attraktiv.

4.3.1.2 Problem



(a) Målestasjon: Bodø [21]



(b) Målestasjoner: Trondheim [22]

Figur 7: Målestasjoner

Svevestøvnivået i byer blir i dag målt av dedikerte målestasjoner, der Miljødirektoratet distribuerer dataene til befolkningen [37]. I Bodø kommune eksisterer det eksempelvis kun én målestasjon som vist i figur 7a, og i Trondheim kommune fire som vist i figur 7b. Utfordringen med så få målestasjoner kan være at målingene ikke gir tilstrekkelig informasjon over lokale forskjeller i luftkvalitet. Forurensningsforskriften stadfester, som allerede beskrevet ytterligere i kapittel 2.5, viktigheten ved å sikre tilfredsstillende verdier for innbyggere [18]. Kanskje spesielt med tanke på grupper som er spesielt følsomme eller utsatte for slik forurensning. Formålet med flere

målepunkter er dermed å sørge for at kommunen(e) har et bredere datagrunnlag som kan brukes i videre vurderinger og beslutninger knyttet til luftkvalitet og eventuelle tiltak. Slik vil løsningen ha stor samfunnsnytte både på et kommunalt nivå, men også på et individnivå.

4.3.1.3 Revenue Streams

Forretningsmodellen tar utgangspunkt i en hybrid mellom en transaksjonsbasert- og abonnementsløsning. Transaksjonsbasert vil kunne generere inntekter ved salg av partikkelmålerenheter og adgang til dashboardet. Abonnementet kan tilbys for at kundeservice og vedlikehold knyttet til enhetene gjennomføres, i tillegg til at flere funksjonaliteter på dashboard tilgjengeliggjøres. Ved å velge denne hybrid, kan man generere inntekter på kort sikt samtidig som man sikrer inntekter som i første omgang kan dekke de faste kostandene knyttet til bedriften, derav driftingen av dashboard-løsningen. IoT-enhetene har deler som er skjøre og som mest sannsynlig vil være avhengig av vedlikehold og utbytting med jevne mellomrom for å kunne operere som normalt. På lengre sikt kan det også være aktuelt å tilby en rekke tilleggstjenester, som for eksempel temperatur eller støymåling. Flere typer sensorer vil i så fall kunne selges, og implementeres på nåværende IoT-enhet, selv om inntekspotensialet som er knyttet til prosjektet totalt sett ikke er eksponentielt stort.

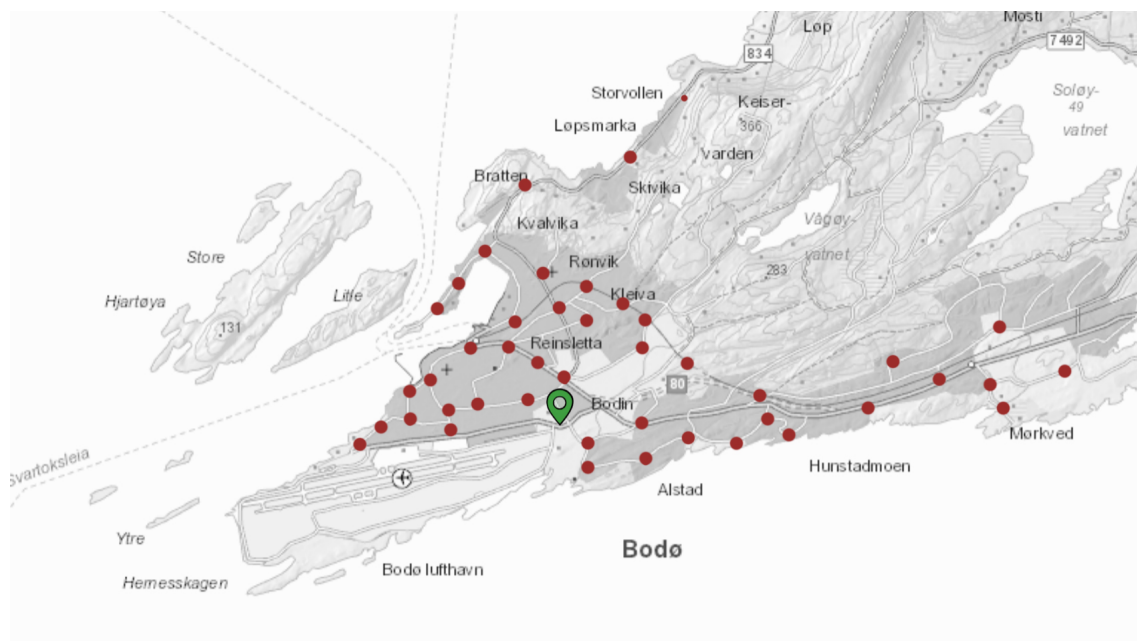
Prisingsnivået er derimot litt usikkert så tidlig i prosessen, ettersom kjennskap til nøyaktige kostnader som vil påløpe foreløpig er ukjent. Det er også knyttet usikkerhet til hvor mange teammedlemmer som er nødvendig. Pilotprosjektet med Bodø kommune vil mest sannsynlig kunne skissere Start-Upens behov, men det vil trolig være et større behov for veiledning og kontinuerlig oppfølging fra eksperter. En IoT-lab basert i Bodø vil derfor kunne være svært fordelaktig for Start-Upen.

Dersom IoT-enheten skal kommersialiseres og lanseres på privatmarkedet, øker potensialet for økt antall målepunkter også. Det samme kan antall potensielle transaksjoner. Hvis man skal forsøke å kommersialisere produktet, finnes det en rekke tilskuddsordninger som kan søkes. Av statlige ordninger tilbyr blant annet Innovasjon Norge et kommersialiseringstilskudd til oppstartsselskaper. Midlene kan eksempelvis brukes til å finansiere videreutvikling av produkt eller tjeneste, kompetanseheving og mindre investeringer som er nødvendig for kommersialiseringen [11]. Ved å søke på denne og lignende støtteordninger kan Start-Upen dekke en rekke oppstartskostnader, og på den måten sørge for at ikke alle inntektene blir spist opp av kostnadene.

4.3.1.4 Solution

En løsning på problemet skissert i seksjon 4.3.1.2 kan være å ta i bruk flere mindre IoT-enheter, som kan samle inn og supplere med mer data for å gi en mer representativ oversikt over luftkvaliteten i kommunen(e). Dersom det er mange små IoT-enheter som samler inn data fra forskjellige lokasjoner, kan man oppnå store mengder kvantitative data, og dermed ha et langt bredere beslutningsgrunnlag sammenlignet med én eller fire målepunkter.

Videre kan dataene fra de eksisterende målestasjoner integreres sammen med måledataene fra de mindre IoT-enhetene i miljødashboardet, slik at dataene enkelt kan deles med resten av offentligheten. En annen mulighet er at data fra målestasjonene brukes for å kalibrere og måle nøyaktigheten av de mindre IoT-enhetene. Hva som er mest fordelaktig å gjennomføre, er dog ikke tatt stilling til ennå. Derfor er foreløpig plan å iverksette begge alternativer simultant, og observere hvorvidt de er hensiktsmessige for å produsere pålitelig og nyttig data.

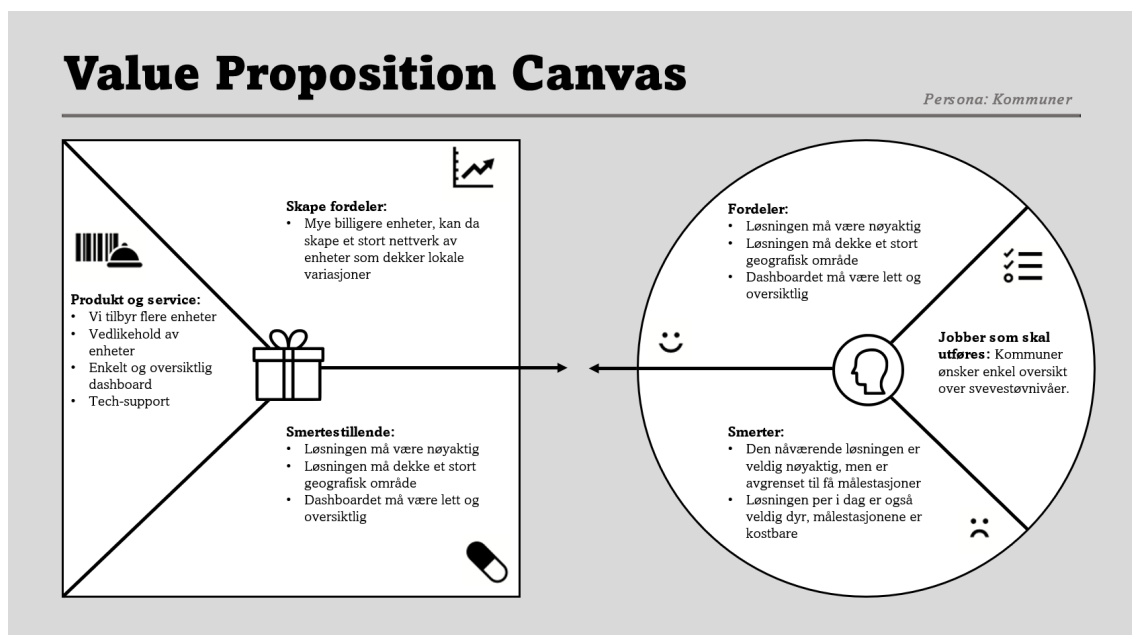


Figur 8: Eksempel på flere målepunkter for luftkvalitet i Bodø. Markør i grønn er Bodøs eneste målestasjon per dags dato, mens de røde markørene indikerer hvordan en økning av målepunkter potensielt kan se ut i fremtiden

4.3.1.5 Unique Value Proposition

Hovedtanken bak produktet og tjenesten er å tilby kommuner en enkel og mer oversiktlig representasjon av de lokale variasjonene av svevestøvnivåer. Som nevnt i kapittel 3.4 har det vært hensiktsmessig å bruke et rammeverk for å konkretisere denne

delen. Dette kan begrunnes i at verdiforslag ofte kan forekomme vagt og uklart, og rammeverk setter direktiver for hva som bør besvares.



Figur 9: Value Proposition Model adaptert til Start-Upen

4.3.1.6 Channels

En god avtale med Bodø kommune og tilhørende samarbeidspartnere er avgjørende i oppstarten av prosjektet. Dersom pilotprosjektet lykkes i én kommune, kan det gi gode forutsetninger for å kunne ekspandere løsningen til flere kommuner. Løsningen er også av interesse for private aktører som for eksempel anleggseiere. Et naturlig videre steg vil også være å tilby IoT-enheten som et produkt i en egen nettbutikk. Ved å selge produktet direkte fra nett, får man muligheten til å distribuere IoT-enheten til flere.

Videre kan det være interessant å se på videreutviklingen av produktet. Man kunne, som allerede nevnt, peile seg inn mot forbrukermarkedet, spesifikt inn mot markedsegmentet som har interesse av å ha kontinuerlig kontroll på luftkvalitet. Da hadde det kanskje vært nødvendig å utvide de eksisterende markedskanalene. For eksempel kunne man inngått et samarbeid med store varehuskjeder som Clas Ohlson, Power eller Elkjøp, for å distribuere fysiske enheter til privatkunder. Egen nettbutikk ville også vært fordelaktig i dette tilfellet.

4.3.1.7 Key Metrics and Cost Structure

Ved å etablere en effektiv og skalerbar datainnsamling, med data av tilfredsstillende kvalitet for å kunne sammenligne med grenseverdiene i kapittel 2.5, kan man danne et godt grunnlag for å sikre at det er en forsvarlig mengde svevestøv i lufta. For å komme dit kan man definere målsetninger. Et par eksempler kan være:

- Oppnå 70% nøyaktighet sammenlignet med målestasjoner
- Inngå pilotprosjekt med et nettverk på 100 enheter

Det er knyttet både faste og variable kostnader til prosjektet. IoT-komponenter og drifting er sentrale kilder til kostnader, i tillegg til utførelse av vedlikehold. Komponentene er relativt billige, og det er stort tilbud i dagens marked. Et grovt prisestimat tilsier at én enkelt enhet kan produseres for mellom 2000-3000 kroner inkludert merverdiavgift. Drifting og vedlikehold krever ansatte, men i første omgang vil det kun være behov for det eksisterende teamet. Det kan også tenkes at man etter hvert vil få behov for kontorlokaler, men da er det mer naturlig å ta del i et inkubatorprogram. I første omgang er det mer av interesse å få til et godt pilotprosjekt for testing.

4.3.1.8 Unfair Advantage

En av svakhetene ved løsningen Start-Upen presenterer er at den ikke er unik. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har allerede gjennomført et veldig likt prøveprosjekt, i tillegg til at Nordkontakt har utforsket den samme muligheten for luftmåling. Det er dermed ikke realistisk at man har noen utstrakte fordeler som andre ikke kan kopiere og gjenskape.

Forskningsprosjektet til NILU, iFLINK, hadde som formål å bruke ny sensorteknologi til å monitorere luftkvalitet kostnadseffektivt. Deres hovedfokus var rettet inn mot kommuner, ettersom de hadde identifisert at den nåværende metoden for måling ikke dekket tilstrekkelige områder. I metodikken deres valgte de å teste ut sensorer fra åtte forskjellige leverandører og kryssreferere med de eksisterende målestasjonene. Etter testing satte de ut om lag 60 enheter i Oslo og integrerte datamålingene i et dashboard. I tillegg samarbeidet de med Telenor og Telia om konnektivitet av enhetene ved hjelp av 5G-nettet [25].

Så langt virker iFLINK-prosjektet identisk med det som har blitt forespeilet i prosjektet, men et differensieringspunkt er kommersialiseringsprosessen. NILU har utelukkende fokusert på kommuner, mens for Start-Upen kan det være hensiktsmessig å

begynne i andre enden: forbrukermarkedet. En aktuell strategi ville vært å fokusere på å selge enheter til forbrukere i første omgang, for så å skape nettverket av enheter i etterkant. For å motivere og engasjere befolkningen til å investere, kunne kommunen subsidiert innkjøp av IoT-enheter. Totalt sett hadde kommunen selv spart egne innkjøpskostnader av IoT-enheter, samtidig som at antallet målepunkter som kan integreres med resten av måledataene forhåpentligvis ville vokst. I så fall har man en klar fordel som er vanskelig å kopiere. Samtidig oppstår det andre utfordringer, som for eksempel at man da må skape et behov for privatkunder slik at de er villige til å kjøpe partikkelmalere i utgangspunktet. Å sikre at lufta man selv puster inn er av forsvarlig kvalitet, med bakgrunn i informasjon fra kapittel 2.5, er dog gode argumenter i dette tilfellet også.

4.3.1.9 Partners

Gjennom prosjektet har gruppen forholdt seg til interessenter fra Telenor, Nordkontakt, Kraft og Bodø kommune. Det er et sterkt ønske om å opprettholde dette samarbeidet da det er essensielt for å klare å utvikle løsningen. Til nå har gruppen oppnådd et MVP som har blitt testet ut, men for at prosjektet skal være realiserbart bør det testes ytterligere i større skala. I tillegg bør nøyaktigheten av målingene også forbedres. For å gjennomføre dette, er det nødvendig med et tettere samarbeid med Nordkontakt på det tekniske ved å utveksle erfaringer.

4.3.2 Oppstart av IoT-lab

Gjennom samtaler med Nordkontakt og Kraft ble det kommunisert et ønske om utredning av en IoT-lab i Bodø. Per i dag har Bodø allerede en inkubator, Inkubator Salten. Her kan IoT-laben fungere som et supplement. Dersom man etablerer en slik lab er det viktig å forstå hva det praktiske ved laben skal være. Skal det for eksempel fungere som en arena der folk kan ”pitche” ideer til Nordkontakt, som i etterkant kan følge opp med ekspertise og rådgivning? Skal laben være fysisk, digitalt eller eventuelt ”fygitalt”? Hvilke tekniske spesifikasjoner skal en slik lab ha og hva er eventuelle krav til hardware?

Etter å ha sammenlignet med eksisterende laber i andre byer, fortrinnsvis StartupLab ved Forskningsparken i Oslo og FAKTRY i Trondheim, er den mest hensiktsmessige modelleringen trolig etter StartupLab Accelerator. Deres modell er basert på en søknadsprosess der Start-Ups legger fram sin idé, og dersom ideen bærer frukter, blir Start-Upen invitert til å delta på et akselerasjonsprogram på tre måneder.

Gjennom programmet tilbyr StartupLab ressurser og ekspertise til disposisjon, og opptil tre millioner NOK i finansiering for rundt 10% eierskap. Både ekspertisen og veiledningen som stilles disponibelt er gratis, og dette kan foregå *remote* [1]. Det siste punktet belyser et differensieringspunkt. For IoT er det viktig med tilgang på hardware for testing, og hvis man skal starte et lignende prosjekt i Bodø kan det være hensiktsmessig å tilnærme en hybridløsning. Det vil si at man for eksempel har tilgang på et dedikert område med IoT-komponenter på bestemte dager.

Løsningen som er lagt fram er tilrettelagt for å få inn mange innovative ideer i en tidlig fase. Slik unngår man kannibalisering fra Inkubator Salten. Isteden kan det være interessant å utvikle et samarbeid slik at oppstartsbedrifter som utvikler et fruktbart produkt kan flyttes over til Inkubator Salten for kontorlokaler og videre oppfølging. Når det kommer til søknadsprosessen, trengs ekspertise fra Nordkontakt. De har god kjennskap til industrien, og kan gi verdifull innsikt i vurderingskriterier. Finansiering, ekspertise og rådgivning kan eksempelvis derfor tilbys av Nordkontakt, Telenor og Kraft i bytte mot eierandeler. Slik kan man forsøke å fasilitere for et økt innovativt miljø i Bodø.

5 Diskusjon

Seksjon 5 er delt i tre deler. Første del tar for seg diskusjon rundt måledataen fra partikkelsensorer og praktiske begrensninger ved prototypen. Den andre delen inneholder en diskusjon rundt forretningsmodellen. Avslutningsvis vil videre arbeid bli skissert.

5.1 Begrensninger ved prototype

Prototypen som ble utviklet benyttet seg av relativt billige sensorer for måling av partikler i luften, spesielt sammenlignet med målestasjonene Miljødirektoratet og kommunene er ansvarlig for, og som ble brukt for å sammenligne data. Disse stasjonene er kvalitetssikret, og følger spesifikasjonene som er utgitt i en veiledning utviklet av Miljødirektoratet [20]. Dette gjenspeiles også i resultatene avbildet i figur 4a og 4b. Her kan man observere noen likheter mellom data fra IoT-enheten og data fra målestasjonen, spesielt med tanke på hvilken trend datapunktene følger. Derimot er det et betydelig avvik med tanke på størrelsesorden mellom måledata og data fra målestasjonen. Dette tydeliggjøres i figur 4b, der det er en differanse på over $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mellom de to datakildene.

Det er viktig å merke seg her at selv om prototypen kanskje ikke er av høyeste kvalitet, så er det fortsatt hensiktsmessig å benytte seg av disse sensorene, spesielt hvis flere sensornoder skal produseres og aktiveres over et større område. I en slik situasjon kan det være fordelaktig å ofre datakvalitet over aggregering av data, som resulterer i billigere og flere sensornoder. Dette oppfyller problemet som er nevnt i kapittel 4.3.1.2.

Jolly [16] forklarer at en IoT-enhet ofte har høyt dynamisk strømforbruk, der den bruker lange perioder med lavt strømtrekk, kombinert med korte perioder med høye strømtrekk, vanligvis ved sensormåling eller ved kommunikasjon. Det totale strømforbruket blir da en faktor som er med å begrense levetiden på en sensornode, og derav levetiden på systemet som en helhet. Aanensen *et al.* [40] benytter seg av energihøsting for å løse dette problemet, spesifikt ved bruk av solcellepanel og ladesystem. Her benyttet de seg av en annen enhet, med kombinasjon av en rekke forskjellige sensorer som operer i en lik konfigurasjon som ble beskrevet av Jolly. Testene ble utført i Trondheim. Her kom de fram til at systemet ville vare i store perioder, med unntak av mørketiden. Dette kan bli et problem for det foreslåtte systemet, som operer i nordiske områder, der mørketid er en dominerende faktor

store tider av året.

Gjennom samtaler med Nordkontakt kom deres tidligere erfaringer med partikelmålere frem. Nordkontakt har erfart at batterier og solcellepaneler som ofte kreves til slike produkter gjør produktet for dyrt. En annen utfordring Nordkontakt har merket seg, er at behovet rundt IoT-produkter må bevisstgjøres. Det er ikke mange selskaper eller offentlige institusjoner som vet at det kan være gunstig å overvåke for eksempel luftkvaliteten i sine områder. Det er derfor viktig med prosjekter som denne oppgaven, for å øke bevisstheten rundt fordelene med kartlegging og overvåkning via IoT.

5.2 Forretningsmodellen

Forretningsmodellen utviklet med utgangspunkt i Lean Canvas har både styrker og svakheter. Gruppen opplevde det som veldig enkelt å diskutere de overordnede konseptene og logisk resonnere seg fram til hensiktsmessige punkter. Prosessen hadde også relativt rask progresjon.

Ved nøyere gjennomgang i etterkant var det to ting som kom til tanke. For det første hjalp verktøyet med å belyse ulike aspekter ved lansering av et nytt produkt. Samtidig var analysen med rammeverket litt overfladisk, ettersom den ikke ga merverdi utenom en rask innføring i de viktigste aspektene. Ved en reell kommersialisering er det flere ting som bør tas hensyn til utenom de som adresseres av Lean Canvas. For eksempel ble et punkt fra Business Model Canvas tillagt Lean Canvas for å være tilpasset scenarioet prosjektet springer ut av.

Et annet eksempel som belyser et større problem er at begge modeller i liten grad adresserer konkurrenter eller markedet man opererer i. Dette er faktorer som bør vurderes for å vite om et marked er mettet, om ideen man sitter på er revolusjonerende nok eller behovet stort nok til å kunne overleve i konkurransen mot andre tilbydere og produkter.

5.3 Videre arbeid

Fremtidig utvikling kan deles inn i arbeid med tekniske komponenter og arbeid med forretningsmodell.

5.3.1 Tekniske komponenter

Som nevnt i kapittel 4.3.1.3 er det mulig å selge og implementere ulike typer sensorer på nåværende IoT-enhet, som for eksempel temperatur, støymåling og GPS. Dette kan fort påvirke det totale strømbudsjettet til en individuell sensornode, som vil føre til problemer rundt total mengde strøm tilgjengelig for en individuell node over tid. Denne problemstillingen er forklart videre i kapittel 5.1 om begrensninger ved prototypen. En videre utvikling av bedre batteriteknologi kan mitigere problemene som er nevnt, men vil kreve større mengde forskning og utvikling innen dette feltet. I første omgang vil videre arbeid inkludere testing av alternative målesensorer ved ulike lokasjoner over lengre tid, for å da kunne øke nøyaktigheten av måledataen. Samtidig vil det være essensielt å se hvordan dataen utvikler seg når enheter blir sammenkoblet til et nettverk av IoT-enheter.

5.3.2 Forretningsmodell

Videre arbeid i forretningsmodell vil i hovedsak bestå av supplerende analyser. Analyser av marked og konkurranse kan gjennomføres ved bruk av rammeverk som for eksempel Porter's 5 Forces eller SWOT. Porter's 5 Forces er et "outside-in"-rammeverk som vurderer konkurransen og fruktbarheten av markedet man opererer i [29]. Fra et strategisk perspektiv vil det å vurdere interne ressurser, ved for eksempel en VRIO-analyse (*Value, Rarity, Imitability, & Organization*) være essensielt [6]. SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, & Threats*) er en hybrid som både vurderer interne og eksterne forhold.

I tillegg må det underbygges med grundige analyser for å gi realistiske prognoser og *Key Metrics*. Dette kan gjøres ved for eksempel markedsundersøkelser, i første omgang med kommuner og så i personmarkedet.

6 Konklusjon

Problemstillingen som skulle bli forsøkt svart var: ”Utforske mulighetene for utvikling av et IoT-basert miljødashboard, ved å utvikle en prototype av en partikkelmåler, og å analysere kommersialiseringspotensialet ved hjelp av en forretningsmodell.” Dette er gjennomført ved å innta rollen som en *Lean Start-Up*, og utvikle et *Minimum Viable Product* for å effektivt måle luftpartikler av ulike størrelsesordener ved hjelp av IoT. Dataen er så framstilt i et miljødashboard utviklet av Telenor. Dette er en prototype for interaksjonsdesignet den forespeilede IoT-løsningen kan ha. Til slutt er kommersialiseringspotensialet utforsket ved hjelp av rammeverket Lean Canvas.

Dataen partikkelmåleren genererte var dessverre ikke like nøyaktig som ønsket. Dette innebærer at videre arbeid blant annet bør inkludere testing av andre målere samt flere målinger.

Forretningsmodellen ga en overordnet beskrivelse av en mulig kommersialisering. Som allerede diskutert og illustrert, har modellen både styrker og svakheter. Oppsummert ga rammeverket et godt perspektiv på potensialet i produktet, men perspektivet var overfladisk. I praksis vil man være avhengig av grundigere analyser av interne ressurser og markedet man opererer i.

Referanser

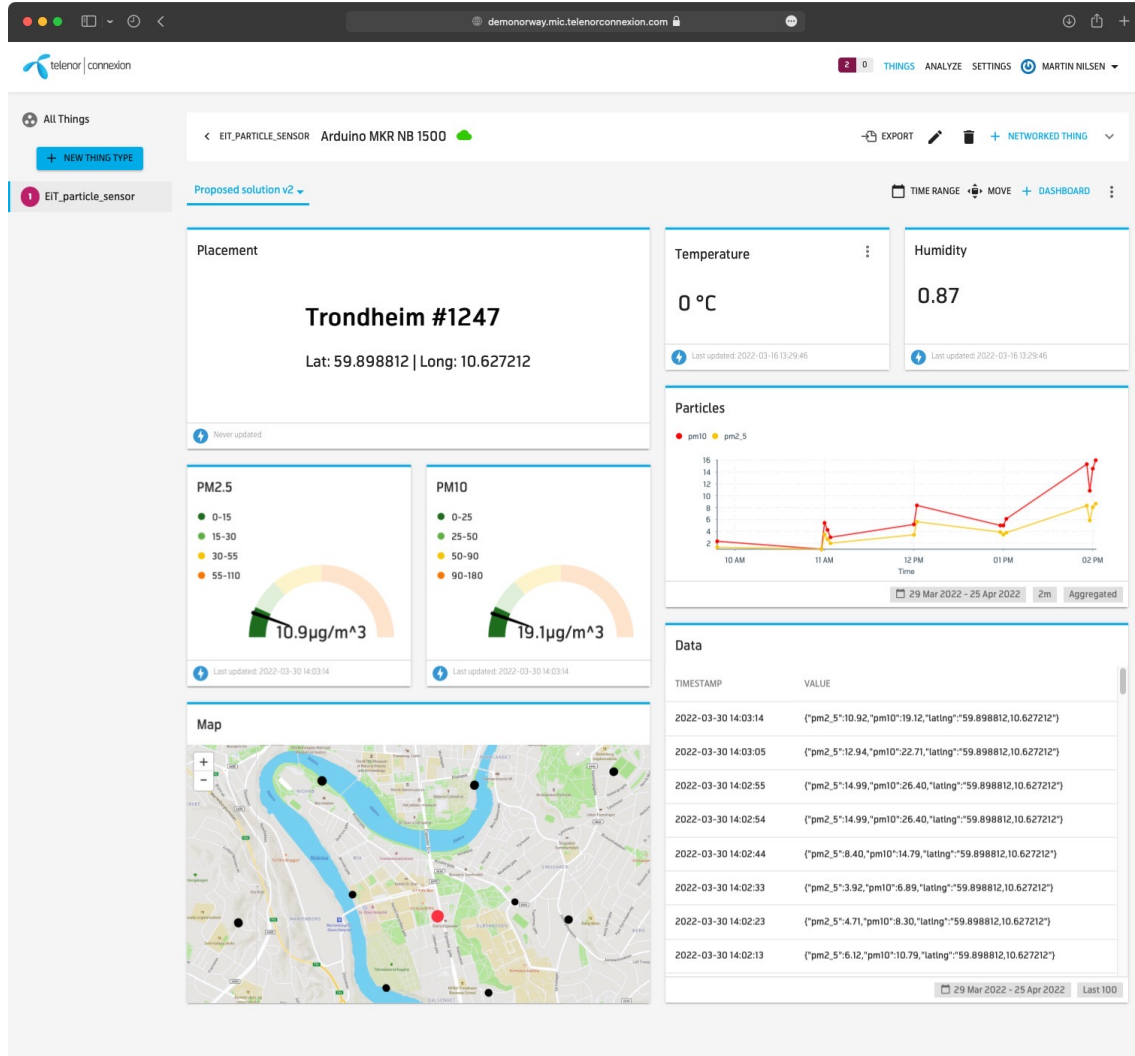
1. *Accelerate the next big thing*. StartupLab Accelerator. <https://startuplab.no/accelerator> (27. apr. 2022).
2. Altinn. *Forretningsmodell* <https://www.altinn.no/starte-og-drive/starte/for-oppgstart/forretningsmodell/> (23. feb. 2022).
3. *Arduino library for the SPS30 particulate matter sensor*. Sensirion AG. <https://github.com/Sensirion/arduino-sps> (27. apr. 2022).
4. Blank, S. *Why the Lean Start-Up Changes Everything* <https://hbr.org/2013/05/why-the-lean-start-up-changes-everything> (2. mar. 2022).
5. Christopher, M. *Logistics & Supply Chain Management* Fifth edition (Pearson, 2016).
6. De Wit, B. *Strategy: An International Perspective* 2020.
7. *European Air Quality Index: current air quality information at your finger tips* The European Environment Agency (EEA). <https://www.eea.europa.eu/highlights/european-air-quality-index-current> (27. apr. 2022).
8. FN. *God helse og livskvalitet* <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-helse-og-livskvalitet> (23. feb. 2022).
9. Hauge, A. *Svevestøv* <https://sml.snl.no/svevest%C3%B8v> (2. mar. 2022).
10. InnovasjonNorge. *Forretningsmodell* <https://kompetansesenter.innovasjon norge.no/courses/forretningsmodellering> (23. feb. 2022).
11. InnovasjonNorge. *Tilskudd til kommersialisering* <https://www.innovasjon norge.no/no/tjenester/oppstart-av-bedrift/oppstartfinansiering/kommersialiseringstilskudd/> (30. mar. 2022).
12. *IoT Hardware*. Telenor ASA. <https://www.telenor.no/bedrift/iot/kom-igang/hardware.jsp> (27. apr. 2022).
13. ITT. *Network of low-cost distributed monitoring sensors to measure and map air and water quality* Institute for Transformative Technologies. <https://50breakthroughs.org/3/overview/bt/> (23. mai 2021).
14. Jensen, H. *Lean canvas: Forretningsmodellen på ett A4-ark* <https://haakonjensen.no/lean-canvas-forretningsmodellen-pa-ett-a4-ark/> (2. mar. 2022).
15. Johannessen, A. F. *Hva er tingenes internett?* <https://teknologiradet.no/hva-er-tingenes-internett/> (2. mar. 2022).

-
16. Jolly, B. *IoT Device Battery Life: Go Slow for Fast Insights Into Challenging Conditions* i *2021 IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)* (2021), 680–683.
 17. Larsen, B. B. *Svevestøv* <https://snl.no/mikrokontroller> (23. mar. 2022).
 18. Lovdata. *Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften)* https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3 (2. mar. 2022).
 19. Låg, M. & Bølling, A. K. *Luftforurensning i Norge* <https://www.fhi.no/nettpub/hin/miljo/luftforureining--i-noreg/> (2. mar. 2022).
 20. Miljødirektoratet. *Håndbok for kvalitetssystem for målinger av luftkvalitet* <https://cmsapi-luft.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m39/m39.pdf> (27. apr. 2022).
 21. Miljødirektoratet. *Målestasjoner: Bodø* <https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/maalestasjon/kommune/Bod%C3%B8> (16. mar. 2022).
 22. Miljødirektoratet. *Målestasjoner: Trondheim* <https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/maalestasjoner/Trondheim> (16. mar. 2022).
 23. Mullen, S. *An Introduction to Lean Canvas* https://medium.com/@steve_mullen/an-introduction-to-lean-canvas-5c17c469d3e0 (2. mar. 2022).
 24. Nielsen, H. *et al. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1* RFC 2616. Jun. 1999. <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2616>.
 25. NILU. *Innovativ måling av luftkvalitet med mikrosensorer i norske kommuner* <https://iflink.nilu.no> (27. apr. 2022).
 26. NTNU. *Ekspert i team (EiT)* <https://www.ntnu.no/eit> (16. mar. 2022).
 27. Pereira, D. *What is Lean Canvas?* <https://businessmodelanalyst.com/lean-canvas/> (2. mar. 2022).
 28. *Plantower PMS 7003 sensor data sheet*. Plantower Technology. <https://www.pdf-archive.com/2017/04/12/plantower-pms-7003-sensor-data-sheet/preview/page/1/> (27. apr. 2022).
 29. *Porter's 5 Forces* Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/p/porter.asp> (27. apr. 2022).
 30. Ries, E. *Minimum Viable Product: a guide* <http://www.startuplessonslearned.com/2009/08/minimum-viable-product-guide.html> (30. mar. 2022).
 31. Sensirion. *PM2.5 Sensor for HVAC and air quality applications SPS30* <https://sensirion.com/products/catalog/SPS30/> (16. mar. 2022).
-

-
32. Shelby, Z., Hartke, K. & Bormann, C. *The Constrained Application Protocol (CoAP)* RFC 7252 (RFC Editor, 2014). <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7252.txt> (16. mar. 2022).
 33. Telenor. *LTE-M vs NB-IoT – a guide exploring the differences between LTE-M and NB-IoT* <https://iot.telenor.com/iot-insights/lte-m-vs-nb-iot-guide-differences/> (23. mar. 2022).
 34. Telenor. *Telenor Start IoT: Arduino Dev Kit CoAP* <https://github.com/TelenorStartIoT/arduino-dev-kit-coap/> (27. apr. 2022).
 35. Telenor. *Telenor Start IoT: MIC Workshop* <https://github.com/TelenorStartIoT/mic-workshops> (23. mar. 2022).
 36. *The Business Model Canvas*. Strategyzer. <https://www.strategyzer.com/canvas/business-model-canvas> (27. apr. 2022).
 37. *Trondheim - varslet luftkvalitet* Miljødirektoratet. <https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/varsling/Tr%C3%B8ndelag%20-%20Tr%C3%B8ndelag/Trondheim> (27. apr. 2022).
 38. *What is PlatformIO?* PlatformIO. <https://docs.platformio.org/en/latest/what-is-platformio.html> (27. apr. 2022).
 39. Øverby, H. *Tingenes internett* https://snl.no/tingenes_internett (2. mar. 2022).
 40. Aanensen, E. J. K., Berthelsen, P. A., Henriksveen, S. R. & Kristiansen, J. *Prototype av sky-tilkoblet målesystem for EAQI, basert på nRF9160 SiP med energihøstingssystem* B.S. thesis (NTNU, 2021).

Appendiks

A Miljødashboard



Figur 10: Full visualisering av mulig miljødashboard