



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Eiendomsteknologi for eksisterende bygninger.

PropTech solutions for existing buildings.

Sigurd Landsverk Blindheim

Elena Hatlestad

Olav Grøttveit

Byggingeniør

HVL Bergen/Institutt for byggfag/BYG150

Veiledere: Tor Arild Segtnan og Anne Sofie Handal Bjelland

Innleveringsdato 21.05.2021

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. *Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.*

Forord

Denne oppgaven ble gjennomført våren 2021 som avsluttende del for treårig bachelorstudium innen bygg og anlegg ved Institutt for byggfag på Høgskolen på Vestlandet. Bacheloroppgaven utgjør 20 studiepoeng. Gruppen består av tre studenter som studerer konstruksjonsteknikk og prosjekt- og byggeledelse. Oppgaven er utført i samarbeid med Energy-Control, The Virtulab og Miris.

Spørsmål om bærekraft i bygningsbransje har blitt veldig relevant i de siste årene. Vi, som fremtidige ingeniører, har et direkte ansvar for å finne løsninger for å bidra til bærekraftig utvikling. Derfor bestemte vi oss for å velge dette temaet for bacheloroppgaven vår.

Vår casestudie, Proptech Bergen, er et laboratorium hvor tverrfaglig eiendomsteknologi testes. Prosessen med å jobbe med dette har vært arbeidskrevende, interessant, og vi har fått mye kunnskap som utvilsomt vil være nyttig i arbeidslivet.

Vi ønsker å uttrykke vår takknemlighet til våre veiledere Tor Arild Segtnan og Anne Sofie Handal Bjelland for deres engasjement i vårt forskningstema. De har vært til stor hjelp og har vist vei i uklare situasjoner.

En spesiell takk til Tommy Hagenes og Daniel Westervik fra Energy-Control, samt Tom R. Holbein fra Miris for et godt samarbeid og verdifull informasjon som har blitt en stor hjelp for å gjøre oppgaven vår spennende og innholdsrik.

Vi vil også takke Jacky Chi Ho Lau fra buildingSMART Norway, og Joakim Haukedal fra The Virtulab for å delta i intervjuer og å dele deres erfaringer og meninger.

Antall ord: 29322



Elena Hatlestad



Sigurd Landsverk Blindheim



Olav Grøttveit

Sammendrag

I Norge står bygninger for omtrent 40 prosent av det totale energiforbruket. 80 prosent av bygningsmassen som eksisterer i dag vil fortsatt eksistere i 2050. Majoriteten av dette er eldre bygninger som ikke har de samme byggtekniske kvalitetene som dagens bygninger. Disse bygningene har ofte et høyere energiforbruk enn moderne bygninger. Rehabilitering og effektiv drift av eksisterende bygg har derfor et stort potensiale for å redusere energiforbruket.

Eiendomsteknologi er et begrep som omfatter all teknologi som brukes i alle aspekter med bygninger og eiendom. Deler av denne tverrfaglige teknologien som sensorikk, 3D-skanning og scan-to-BIM, muliggjør blant annet bedre drift av bygninger og kan forenkle rehabilitering og utleie.

Implementering av eiendomsteknologi i eksisterende bygninger gir grunnlag for å undersøke følgende problemstilling:

Har eiendomsteknologi potensiale for å gjøre eksisterende bygninger mer bærekraftig?

For å kunne svare på oppgaven ble det gjennomført en litteraturstudie og intervjuer med nøkkelpersoner innenfor eiendomsteknologi. Dette ga grunnlag og bedre forståelse for hva eiendomsteknologi er og hvordan det anvendes. I tillegg ble det gjennomført en casestudie av Proptech Bergen, en eldre kontorbygning hvor Energy-Control i lag med andre aktører innen eiendomsteknologi eksperimenterer med teknologien for å gjøre bygget "smart" og derfor mer bærekraftig.

Resultatene vi har observert gjennom casestudiet gir grunnlag for å kunne si at eiendomsteknologi har et stort potensiale for å kunne gjøre eldre bygninger mer bærekraftige. En "smartere" bygning åpner for å kunne "styre etter fasit", noe som er ressurs- og energibesparende. Det må likevel nevnes at deler av teknologien mangler standardisering for bruk og anvendelse, noe som i dag utgjør et hinder for den fulle utnyttelsen av potensialet.

Abstract

In Norway, buildings are responsible for approximately 40% of the total energy consumption. 80 percent of the existing building will still exist in 2050. The majority of these are old buildings which do not possess the same technical qualities as modern buildings. These buildings tend to require more energy than the modern buildings. Rehabilitation and efficient operation of existing buildings therefore have great potential for reducing energy consumption.

Proptech (property + technology) stands for technologies used in all aspects with buildings and property. Parts of this interdisciplinary technology such as sensors, 3D-scan and scan-to-BIM, enables more efficient operations of buildings and can simplify rehabilitation and rental.

Implementation of proptech in existing buildings gives a basis for research of the following issue:

Does property-technology have the potential to make existing buildings more sustainable?

In order to answer this issue, a literature study and interviews were conducted with key people in the proptech business. This gave a basis and better understanding for what proptech is, and how it is applied. In addition, a case study of Proptech Bergen was carried out; an older office building where Energy-Control, together with other partners are testing technology to make the building "smart" and more sustainable.

The results we have observed through the case study provide a basis for saying that proptech has a great potential to make older buildings more sustainable. A "smarter" building gives the possibility for a better facility management, which is resource- and energy-saving. It must nevertheless be mentioned that parts of the technology lack standardization for use and implementation, which today constitutes an obstacle to the full utilization of the potential.

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Abstract	4
Innholdsfortegnelse	5
Begrepsavklaringer	7
Figurliste	9
1. Innledning	11
1.1 Bakgrunn	11
1.2 Problemstilling	11
1.3 Omfang og avgrensninger	12
2 Teori	13
2.1 Bærekraft	13
2.1.1 Bærekraftbegrepet	13
2.1.2. Bærekraft i byggebransjen	15
2.1.3. Avfall og miljøpåvirkning	19
2.1.4. Bærekraftig rehabilitering	20
2.2 Bygningsfysikk	21
2.2.1 Luftens sammensetning	21
2.2.1.1 CO2	22
2.2.1.2 Luftfuktighet	22
2.2.1.4 VOC	23
2.2.1.5 Radon	23
2.2.1.6 Temperatur	25
2.2.2 Energieffektivitet	25
2.3 Eiendomsteknologi	27
2.3.1 Internet of Things, Cloud og Big data	27
2.3.2 Sensorikk	28
2.3.2.1 Airthings og Disruptive technologies	28
2.3.4 Digitalisering	32
2.3.4.1 BIM	32
2.3.4.2 BuildingSMART	32
2.3.4.3 “I” i BIM	33
2.3.4.4 “BIMmization”	35
2.3.4.5 BIM for eksisterende bygg	36

2.3.4.6 Datafangst for modellering	37
2.3.4.7 Virtual Reality	42
2.3.4.8 Programvare	43
Tegneprogrammer	43
Energi og Miljø	44
Skannebehandling	44
3 Metode	45
3.1 Valg av metode	45
3.2 Litteraturstudie	46
3.3 Andre ressurser	46
3.4 Intervju	47
3.5 Casestudie - Kokstadflaten 4, “ Proptech Bergen “	48
4 Resultat	49
4.1 Digitaliseringsprosess	49
4.1.1 Matterport Pro 2	49
4.1.2 NavVis M6	54
4.1.3 DJI Mavic2Pro	55
4.1.4 iPhone/iPad	56
4.1.5 To BIM	59
4.2 Bruk av data fra sensorikk	65
4.2.1 Diagnoser av bygget med Airthings	65
4.2.2 Styring etter fasit.	66
4.2.3 Disruptive Technologies minisensorer.	69
5 Diskusjon	71
5.1 Digitalisering av eksisterende bygninger	71
5.2 Bruk av sensorikk	73
6 Konklusjon	77
7 Kilder	80
8 Vedlegg	95
8.1 Intervju	95
8.1.1 Intervju med Chi Ho Lau v/BuildingSMART	95
8.1.2 Intervju med Joakim Haukedal (Virtulab).	104
8.1.3 Intervju med Energy-Control (Daniel Westervik)	105
8.1.4 Intervju med Tommy Hagenes v/Energy-Control	116

Begrepsavklaringer

BIM	Building Information Modeling (Bygningsinformasjonsmodellering)
Bq/m³	Måleenhet, Becquerel per kubikkmeter. Becquerel er radioaktiviteten til stoffet, her radon per sekund.
Bygningsfysikk	Fysiske prosesser knyttet til varme-, luft- og fukttransport i en bygning
CAD (DAK)	Datamaskin-Assistert Konstruksjon
CAV	Constant Air Volumes
CDE	The common data environment er en digital hub der informasjon
Dashbord	Panel som viser målinger.
DCV	Demand Controlled Ventilation / Behovsstyrt ventilasjon
Digital Tvilling	En virtuell representasjon av et fysisk objekt.
Nettsky	Nettskyen er en betegnelse for alt fra dataprosessering og datalagring til programvare på tjenerne i eksterne tjenerparker tilknyttet internett
Energieffektivitet	Mål på hvor effektivt energien brukes til et nærmere angitt formål
DSA	Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet
DWG	Et filformat for DAK modeller og standard filformat for AutoCAD
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold (av bygg)
FHI	Folkehelseinstituttet
GBS	Green Building Studio
HUB	En hub er en enhet som brukes til å koble sammen flere datamaskiner i et nettverk, for å få dem til å kommunisere med hverandre.
IFC	Industry Foundation Classes er et utvekslingsformat.
Lidar	Light detection and ranging
LOD	Level of development / Level of Detail
Mesh	Triangulert uregelmessig nettverk
MEP	Mechanical, electrical and plumbing system
OBJ	Et filformat som beskriver geometrier og egenskaper for et 3D objekt
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
Point Cloud	Punktsky er et sett med datapunkter som representerer et rom eller et

	objekt.
PPM	Parts per million (Andeler per million)
Rehabilitering	Oppgradering, reparasjon og utskifting av elementer som ikke lenger oppfyller krav til funksjon og ytelse
VAV	Variable Air Volume
VOC	Volatile Organic Compound (Flyktige organiske forbindelser, TVOC = total volatile organic compound)
VVS	Varme-, Ventilasjons- og Sanitærteknikk.

Figurliste

- Figur 1. Illustrasjonsbilde Bærekraft Miljø og klima, økonomi og sosiale forhold
- Figur 2. Tabell Energibehov og fornybar energiproduksjon for ulike typer energieffektive eneboliger
- Figur 3. Skjermdump av Airthings dashboard
- Figur 4. Disruptive technologies verdens minste trådløse sensor
- Figur 5. Montering av Airthings- sensor
- Figur 6. Tradisjonell prosess vs BIM prosess
- Figur 7. LOD-tabell
- Figur 8. BIM "As-built" opprettelse prosess for nye vs eksisterende bygg
- Figur 9. Matterport pro 2 kamera
- Figur 10. NavVis M6 skanner
- Figur 11. Innebygd NAVVis skannerskjerm
- Figur 12. Dronekamera DJI Mavic 2Pro
- Figur 13. Tabell over iPhone applikasjoner
- Figur 14. Tabell over skannerenheter
- Figur 15. 2D visning fra Matterport skanning
- Figur 16. 2D visning booking
- Figur 17. 2D-visning informasjon fra sensorikk
- Figur 18. 3D-visning fra Matterport skanning
- Figur 19. Målefunksjon i 3D-visning
- Figur 20. DollHouse visning i Matterport skyen
- Figur 21. 3D-navigasjon i Proptech Bergen
- Figur 22. Målemodus funksjon
- Figur 23. Punktskymodell av Kokstadflaten 4
- Figur 24. 3D-visning fra Matterport App skanning
- Figur 25. Skanneprosessen ved bruk av canvas app
- Figur 26. 1) 3D-Tur modus; 2)3D-BIM; 3)Floorplan ; 4)2D visning BIM-modell
- Figur 27. Skannesprosess ved bruk av Polycam App
- Figur 28. 3D-visning av skannet rom

- Figur 29. BIM-modell Kokstadflaten 4
- Figur 30. BIM-modell Kokstadflaten 4 LOD 200
- Figur 31. Snitt i BIM-modell
- Figur 32. Punktskymodell i .xyz format
- Figur 33. 3D-Punktsky modell i Revit
- Figur 34. Floorplan Punktsky modell i Revit
- Figur 35. 2D Modelleringsprosess i Revit på grunnlag av punktskydata
- Figur 36. 3D-visning i Revit med overførte punktsky modell
- Figur 37. 3D-visning i Revit med fjernet punktskymodell.
- Figur 38. Instrumentpanel med inneklimate-data
- Figur 39. CO₂ Nivåer
- Figur 40. Radonnivå for fire rom på Proptech Bergen
- Figur 41. Bruksmønster
- Figur 42. DT-sensor brukt til rengjøring etter behov
- Figur 43. Dør, Legionella og vannlekkasje

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Det er anslått at 80 prosent av den eksisterende bygningsmassen vil bestå etter 2050, og at 10 prosent av denne er bygget før 1900 [1]. Det betyr at majoriteten av bygningene er bygget etter gamle krav til blant annet energiforbruk. Riving av bygg for å bygge nytt er ikke en god løsning på grunn av både avfall, CO₂ og energiforbruk [2]. Løsningen kan derimot ligge i rehabilitering og optimalisert drift av eksisterende bygg.

Tommy Hagenes er en gründer som har startet Energy-Control; et rådgivende selskap som implementerer eiendomsteknologi i eksisterende bygninger for å gjøre bygningene "smarte" [3]. Eiendomsteknologi, også kalt "Proptech" er sammensatt av ordene property og technology, og handler om å bruke informasjonsteknologi i eiendomsbransjen. Et eksempel på eiendomsteknologi kan være 3D-skanning, eller sensorer som måler luftkvaliteten. Energy-Control holder til i et kontorbygg som de har døpt til "*Proptech Bergen*" hvor de tester forskjellig eiendomsteknologi [4].

1.2 Problemstilling

Implementering av eiendomsteknologi i eksisterende bygninger gir grunnlag til å undersøke følgende problemstilling:

Har eiendomsteknologi et potensiale for å gjøre eksisterende bygninger mer bærekraftig?

For å svare på denne problemstillingen ønsker vi å undersøke om eiendomsteknologi kan bidra til å gjøre forvaltning, drift og vedlikehold av eksisterende bygninger mer effektivt og bærekraftig.

Problemstillingen skal besvares ved hjelp av eksisterende teori, intervju av relevante

personer innen eiendomsteknologi, og case-studie av Proptech Bergen.

1.3 Omfang og avgrensninger

I dette kapittelet forklares omfanget av oppgaven og hvilke avgrensninger vi har måttet gjøre på grunn av tid, ressurser og forutsetninger.

Eiendomsteknologi omfatter svært mye og er et veldig bredt begrep [5]. På grunn av begrensninger knyttet til tidsbruk og ressurser har vi valgt å fokusere på noe av den teknologien i form av sensorikk som måler inneklime og bruksmønster, samt metoder for 3D-skanning og bruk av 3D- og BIM-modell. I tillegg er det svært mange produsenter av denne type sensorikk og vi har valgt å fokusere på Airthings og Disruptive Technologies sine produkter som brukes på Proptech Bergen. På samme måte finnes det et bredt utvalg av skanneutstyr og metoder for å skanne eksisterende bygninger. Her har vi valgt å fokusere på de metodene og utstyret som ble brukt under skanningen av Proptech Bergen, i tillegg testet vi skannefunksjonen for iPhone 12 Pro. For applikasjoner knyttet til skanning ble det plukket en håndfull utvalgte applikasjoner som vi mente var aktuelle å teste, herunder; Matteport, Canvas og Polycam.

På samme måte som det finnes et bredt utvalg av forskjellige eiendomsteknologi er det få bygninger som helt like. Forskjellige bygninger har forskjellige funksjoner og driftes på forskjellig måte. I denne oppgaven har vi fokusert på et kontorbygg fra 1982 på ca 4000 m².

Denne oppgaven er utført på vegne av institutt for byggfag, vi har derfor gått inn i oppgaven med et byggingeniør sitt perspektiv. Vi har valgt å ikke gå teknisk til verks for å forklare hvordan sensorikken fungerer, kommunikasjon, automasjon, datasikkerhet eller hvordan dashbordet til Energy-Control er satt opp.

2 Teori

2.1 Bærekraft

I dette kapitlet vil bærekraft bli beskrevet. Første del av kapitlet ser vi på hva bærekraft betyr og hvor det kommer fra. Senere i kapitlet blir det fokusert på hvordan bærekraft blir brukt i byggebransjen, byggebransjen sin miljøpåvirkning og avfallet den produserer. Siste del av kapitlet handler om bærekraftig rehabilitering og bærekraftige bygninger.

2.1.1 Bærekraftbegrepet

Begrepet “bærekraftig utvikling” er blitt svært populært i moderne tid, og de fleste kjenner til begrepet. I 1983 opprettet FN verdenskommisjonen for miljø og utvikling, også omtalt som Brundtlandkommisjonen, ledet av tidligere statsministeren Gro Harlem Brundtland [6]. Denne kommisjonen lagde rapporten “Our common future” også kalt Brundtlandrapporten i 1987, hvor begrepet “Bærekraftig utvikling” for første gang ble brukt i offentlig allmennheten. I rapporten ble begrepet brukt slik;

“Menneskene har muligheter til å gjøre utviklingen bærekraftig. Slik vi kan sikre behovene i dag uten å gå på akkord med kommende generasjoners muligheter til å dekke sine behov” [7].

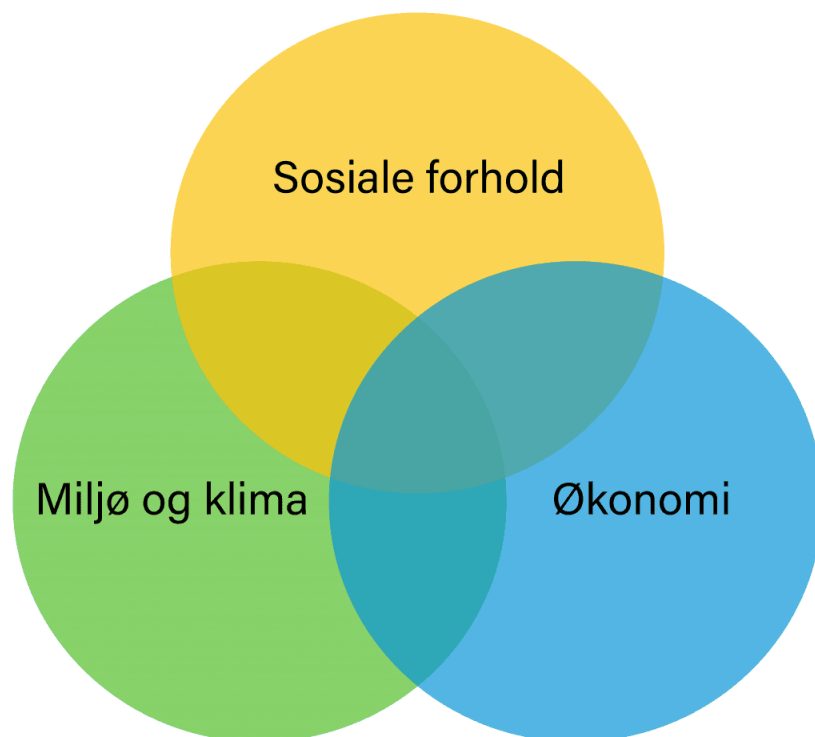
I grove trekk er bærekraftig utvikling en plan for fremtiden, planeten og alle som bor her. Bærekraftig utvikling tar hensyn til naturens ressurser. Det er en anerkjennelse av at kloden har en begrenset mengde ressurser som kan brukes.

“– I dag trengs det 1,7 jordkloder for å produsere alt verden forbruker i løpet av et år. Med andre ord bruker vi ressurser vi ikke har – og vi bruker stadig mer” [8]

Vi bruker i dag mer ressurser enn kloden klarer å produsere, og befolkningsstatistikk viser at vi kommer til å bli enda flere mennesker i fremtiden. Ifølge tall fra FN er befolkningstallet i verden per 2019 rundt 7,7 milliarder mennesker, FN estimerer at dette vil øke til 9.7 milliarder mennesker i 2050. Det betyr at samtidig som vi må redusere forbruket av ressurser verden hadde i 2019 må vi fordele ressursene på enda flere mennesker i 2050.

Begrepet Bærekraft fokuserer på tre ulike områder: [9]

- Klima og Miljø
- Økonomi
- Sosiale forhold



Figur 1 Illustrasjon Bærekraft Miljø og klima, økonomi og sosiale forhold

Bærekraftig klima og miljø er å ta vare på naturen og klimaet. Vi er avhengig å spille på lag med naturen og dens ressurser. En stor utfordring er klimagassutslipp, som CO₂. CO₂ produseres ved forbrenning av olje, kull og gass. Klimagassen varmer opp luften, havet og

ødelegger økosystemer slik at arter blir utryddet, dette er lite bærekraftig. For å bedre verne om naturen er vi avhengige av fornybare ressurser, eksempelvis sol-, vann- og vindkraft.

En bærekraftig økonomi er å sikre økonomisk trygghet for alle. Slik at alle har råd til å dekke sine behov nå, og i fremtiden. En rapport fra OECD publisert i 2015 viser at det er et økende gap mellom de rikeste og fattigste på jorden; De rikeste 10 prosentene av befolkningen i OECDs medlemsland tjente 9,5 ganger så mye som de fattigste 10 prosentene [10]. Denne økonomiske urettferdigheten kan føre til uro og splittelse i befolkningen, som igjen kan skape konflikter og politiske opprør. Det blir derfor, av FN, satt fokus på at jordens ressurser må fordeles mer rettferdig, samt endre måten befolkningen bruker ressursene på.

Sosial bærekraft er å sikre like muligheter og rettferdige grunnlag for et anstendig liv for alle mennesker. Dette kan være tilbud om utdanning, arbeid, helsehjelp eller likestilling.

2.1.2. Bærekraft i byggebransjen

I 2019 signerte Norge en klimaavtale med EU hvor de forpliktes til 40 prosent kutt i utslipp fra transport, bygg, avfall og jordbruk innen 2030 [11]. Norge ønsket å overoppfylle dette og satt målet til 45 prosent [11]. Senere varslet europakommisjonen at de ville legge frem en plan for å øke 2030-målet til minst 50 prosent, muligens opp mot 55 prosent[12]. Dette tydeliggjør et stort fokus, engasjement og press fra myndighetene rundt bærekraft. Avtalene er en enighet om å redusere klimagassutslipp, redusere energiforbruket og øke andelen energi som kommer fra fornybare kilder.

I tillegg til de internasjonale forpliktelsene har Norge gjort egne nasjonale tiltak for å redusere klimagassutslipp og energiforbruk. I Norge brukes kvotesystemer, hvor de som produserer klimagasser må kjøpe en kvote per tonn klimagass bedriften slipper ut. Antall kvoter reduseres årlig, noe som gjør at etterspørselene øker og kvotene blir dyrere [12]. Dette tvinger bedriftene til å finne andre løsninger som reduserer utslipp eller betale i dyre dommer. I tillegg til kvotesystemet er klimautslipp i Norge under forskjellige lovreguleringen og det benyttes støtteordninger for "grønne" tiltak. Et eksempel på slik lovregulering ble

innførte fra og med 1. januar 2020, da ble det forbudt å bruke mineralolje, eller fossil fyringsolje og parafin til oppvarming av boliger og næringsbygg i Norge [12].

Bolig- og byggsektor er sektorer med store klimautfordringer. Sammen står de for 40 prosent av energibruken og 40 prosent av materialbruken [13]. I tillegg produserer byggebransjen en betydelig mengde avfall til deponi fra produksjon av byggevarer, energiproduksjon til drift av bygg, transport og utslipp fra byggeplasser [13]. I Norge går $\frac{1}{3}$ av all energibruken til drift av bygg [14]. For å spare energi, og skape en mer bærekraftig byggebransje må byggene bli mer energieffektive og bygges med miljøvennlige materialer. I Norge har kommunal- og moderniseringsdepartementet et overordnet ansvar for å fremme bærekraftig kvalitet i boliger og bygg [15]. Dette arbeidet gjøres gjennom lover som plan og bygningsloven (pbl), forskrifter, og støtteordninger.

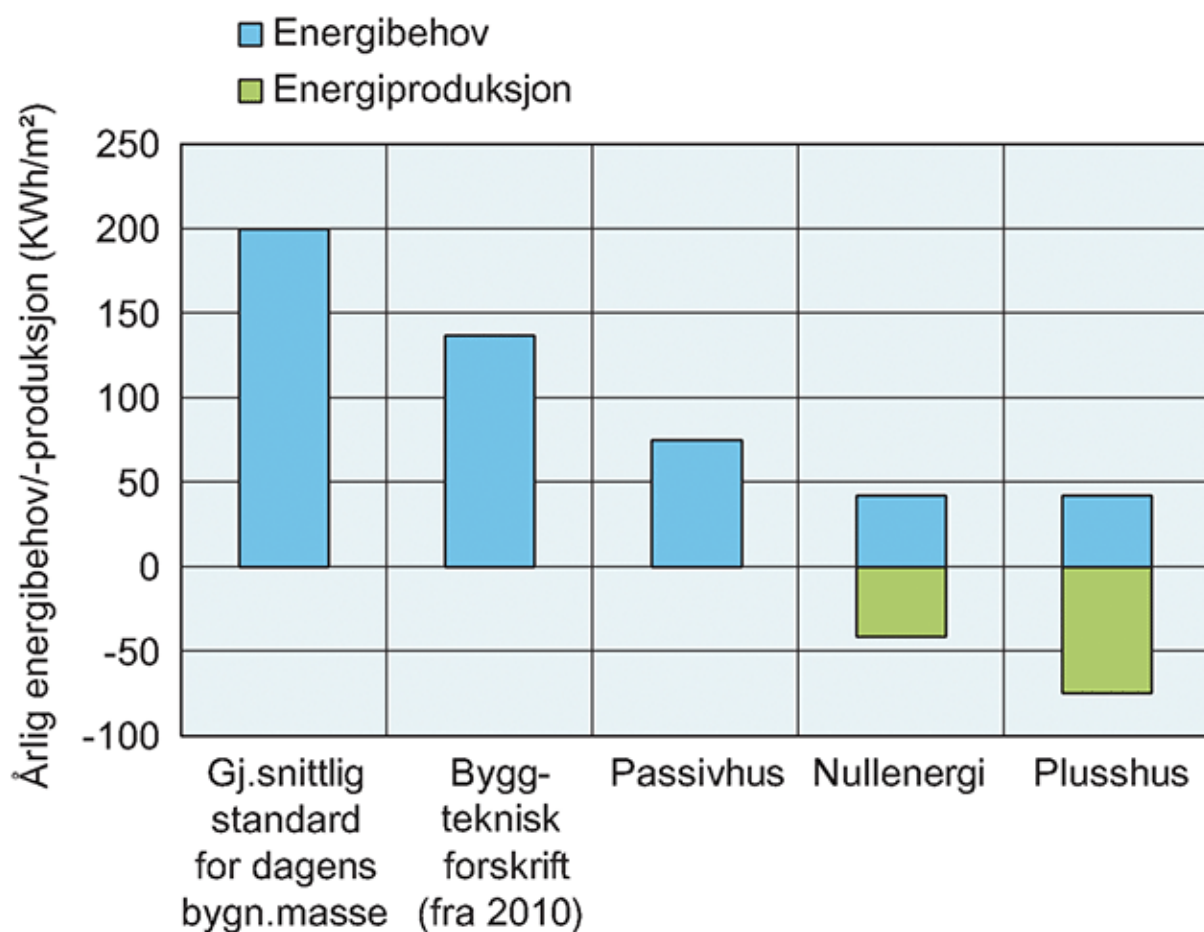
I Norge må alle bygg være godkjente av byggt teknisk forskrift (TEK-17) utarbeidet av direktoratet for byggkvalitet (tidligere Statens bygningstekniske etat) som er en sentral myndighet for det bygningstekniske regelverket. Denne forskriften skal sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming og slik at bygningen oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi [16].

Forskriften stiller en rekke minimumskrav et bygg må oppfylle for å kunne oppføres lovlig i Norge, deriblant krav til forsvarlig energibruk [17]. Energikravene i forskriften skjerpes jevnlig, et småhus på 200 m² bygget etter dagens krav skal ikke ha et energibehov som utgjør mer enn 25.600 kWh for et år. Samme huset i år 2000 ville hatt et energibehov på ca 34.600 kWh per år [18].

Det bygges i dag også hus som ønsker å strekke seg enda lenger enn kravene i TEK-17, eksempelvis passivhus, nullhus og pluss hus. Passivhus er hus som er bygget med svært gode isolasjonsløsninger, huset gjør derfor et passivt tiltak for å redusere energibehovet sitt. I tillegg har passivhus gjerne et balansert ventilasjonssystem med effektiv varmegjenvinning og vinduer med god isolasjon som er orientert mot solen. Nullhus prøver å produsere like mye energi som det totalt har behov for per år, slik at energiforbruket går i null, derav ordet

nullhus. Dette kan gjøres ved å montere solcellepanel, solfanger eller varmepumper. Et nullhus skal også være karbonnøytralt med tanke på utslipp ved eventuell byggeprosess og riving. [19]

Plusshus er en oppgradering fra nullhus, energiforbruket til huset går i pluss, derav ordet plusshus. Det generer mer energi gjennom sin levetid enn det som ble brukt til produksjon av byggevarerne, oppføringen, driften og rivingen av bygget. Energien den generer kommer fra vindmøller, solceller, varmepumper og solfangere. [19]



Figur 2 Tabell Energibehov og fornybar energiproduksjon for ulike typer energieffektive eneboliger [19]

For at et hus skal kunne kalles passivhus må det oppfylle kravene i norsk standard (NS)3700 - Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Boligbygninger [19]. Denne standarden stiller de overordnede kravene til varmetapstall, oppvarmingsbehov, kjølebehov og energiforsyning. NS 3701 angir tilsvarende krav for yrkesbygninger[20].

I tillegg til kravene i TEK-17 er alle boliger og yrkesbygg i Norge som skal selges eller leies ut, pålagt å ha en energimerking [21]. Energimerket består av en energikarakter og en oppvarmingskarakter, og sier noe om bygningens energistandard[22]. Energikarakteren er beregnet ut fra levert energi hvor A er beste mulige karakter og G dårligst [22]. Oppvarmingskarakteren er fargekodet fra rød til grønn og bestemmes ut i fra andelen av det totale oppvarmingsbehovet som dekkes av strøm eller fossile energikilder [22].

De siste årene har det blitt stadig mer utbredt med miljøsertifisering av bygg og anleggsprosjekter i Norge. Dette er ordninger som ikke er pålagt i lover eller forskrifter men kan benyttes av bygg- og anleggsprosjekter for å miljøsertifiseres. En slik miljøsertifisering kan være et krav i anbudet satt av byggherren, eller bedriften kan selv ønske en slik sertifisering for å sende et signal om økt klima- og miljøengasjement offentlig. De mest vanlige miljøsertifiseringsordningene i Norge er Breeam, Ceequal og Svanemerket. [23]

Building Research Establishment Environmental Assessment (BREEAM) er en miljøsertifisering av byggeprosjekter [23]. Den er utviklet av britiske Building Research Establishment (BRE) i 1990, og i Norge har Grønn byggallianse tilbudt og utstedt Breeam-sertifisering siden 2013 [23]. I Norge finnes det fire typer BREEAM-sertifisering; [24]

- BREEAM-NOR - miljøsertifisering av nybygg og rehabiliteringer
- BREEAM In-USE - et verktøy for miljø- og helsefremmende drift av bygg
- BREEAM Communities - et verktøy for helhetlig områdeutvikling
- CEEQUAL - sertifiseringsverktøy for anleggsprosjekter

BREEAM-Nor er den mest brukte sertifiseringsordningen for byggeprosjekter i Norge og er en norsk tilpasning. Sertifiseringen stiller krav til hvilke bærekraftige resultater bygget oppnår, og ikke til de konkrete løsningene som brukes. BREEAM sikrer at alle de viktigste aspektene ved bærekraft er tatt hensyn til og dekker ti kategorier:[25]

- ledelse
- helse- og innemiljø
- energi

- transport
- vann
- materialer
- avfall
- arealbruk og økologi
- forurensing
- innovasjon

Hver kategori har kriterier eller tiltak prosjektet kan gjennomføre for å redusere miljøpåvirkningen fra bygget. Ved å gjennomføre et tiltak får bygget poeng, desto flere poeng, desto høyere sertifiseringsnivå får bygget. [25]

2.1.3. Avfall og miljøpåvirkning

Tall fra Statistisk sentralbyrå (SSB) viser at byggebransjen produserte 1,95 millioner tonn avfall fra byggeaktivitet i 2019 [26]. Den største andelen av avfallet, 40.9% kommer fra rivning av eksisterende bygningsmasser, mens nybygging står for 33.8%, og rehabilitering bare 25.3% [26]. Majoriteten av dette avfallet består av betong, tegl og andre tyngre bygningsmaterialer, etterfulgt av trevirke. [27]

Noe av betongen kan knuses og brukes som fyllmasser som kan erstatte pukk eller lignende i forbindelse med bygge eller anleggstiltak, eksempelvis parkeringsplasser eller støyvoller, så lenge avfallet ikke står i strid med forurensningsloven [28]. Riving og produksjon av ny betong fører også til store utslipp av CO₂ og er derfor en lite bærekraftig prosess [29]. Dersom betongelementene kan ivaretas eller vi finner nye metoder for gjenbruk, vil energien i større grad tas vare på og vi unngår avfall som er vanskelig å håndtere.

Betong lages ved å blande sement og vann med sand, stein og tilsetningsstoffer. Tall fra forskning viser at produksjonen av sement står for 7-8% av alle klimagassutslippene på verdensbasis. [29]

2.1.4. Bærekraftig rehabilitering

Det blir anslått at rundt 80% av alle bygningene som kommer til å eksistere i 2050 allerede er bygget i dag [30]. En fjerdedel av disse vil være bygg fra før 1950, med andre ord bygninger som ikke er bygget etter dagens krav til energieffektivitet [31]. I kapittel 2.1.5 ble det sett på hvor store mengder avfall som blir produsert ved forskjellige byggeaktiviteter, hvor riving og nybygg er de aktivitetene som produserer mest avfall og klimagassutslipp. Det vil derfor være lite bærekraftig å rive, deretter bygge nytt, for alle bygg bygget før 1950. Alternativet er å rehabilitere bygningsmassen slik at den kommer nærmere dagens standarder.

En bærekraftig rehabilitering kan være små tiltak som etterisolering av yttervegger eller utskifting av vinduer, til større tiltak hvor en river alt utenom bærekonstruksjonen og bygger nytt etter dagens standard, eller bedre. Man kan også gjøre tekniske tiltak for å bli mer energieffektiv som oppgradering av VVS-systemer eller varmtvannstank til mer effektive modeller.

Et eksempel på et bygg som har gjennomgått en slik bærekraftig rehabilitering er MAX-bygget i Trondheim, eid av KLP-eiendom. Bygningen ble oppført i 1987 og ble totalrehabilitert i 2019. I dag holder store deler av bygget passivhus-standard, og bygget har tatt steget fra den laveste BREEAM-klassifiseringen til toppkarakteren "outstanding".[32]

Ved å fokusere på bærekraftige valg ble alt som kunne gjenbrukes i det gamle bygget tatt vare på, blant annet de gamle betongkonstruksjonene. Gevinsten ble derfor mindre behov for nye bygningsmaterialer, redusert mengde rivningsavfall og byggekost-besparelser. Ved å gjenbruke mye av betongkonstruksjonen reduserte prosjektet også karbonutslipp med over 60%. [32]

2.2 Bygningsfysikk

Ifølge statistisk sentralbyrå tilbringer nordmenn omtrent 90 prosent av tiden sin innendørs, samtidig står driften av bygninger i Norge for en tredjedel av all energiforbruk [14], [33]. Inneklimaet er derfor viktig både for helsen og energiforbruket. Sintef definerer inneklimaet gjennom fem faktorer; [34]

- Termiske forhold
- Luftens sammensetning
- Lydforhold
- Lys- og strålingsforhold
- Mekaniske forhold

I et eksisterende bygg er lyd, lys og mekaniske forhold i stor grad gitt ut fra design, byggemåte og materialvalg. Med mindre de forholdene er så dårlige at lokalene ikke er brukbare, vil det sannsynligvis lønne seg å optimalisere de mest energikrevende faktorene først. Termiske forhold og luftens sammensetning justeres med tilført varme og ventilasjon, og skiller seg slik ut som spesielt energikrevende. Vårt fokus blir derfor disse to faktorene når vi i dette kapitlet ser på løsninger for å spare energi samtidig som man kan forbedre inneklimaet.

I denne oppgaven ser vi blant annet på bruken av sensorer for å overvåke en del av luftens sammensetning. De elementene som blir overvåket og betydningen de har for inneklimaet vil bli forklart i dette kapitlet.

2.2.1 Luftens sammensetning

Det som blir definert som “tørr, ren luft ved havnivå” som blir referansen for hva vi ideelt sett puster inn, består av 78% Nitrogen, 21 % Oksygen og 0.9% Argon [35]. De siste 0,1 prosentene består av små fraksjoner av en rekke ulike gasser, blant annet CO₂ [35]. Det har vist seg at det finnes flere gasser og partikler som kan oppholde seg i luft og som utgjør en

helseisiklo for mennesker [36]. Folkehelseinstituttet har utarbeidet en rapport der de har anbefalt grenseverdier for diverse forurensninger basert på effekten de kan ha på vår helse [37]. Noen stoffer/gasser inngår i forurensningsforskriften og har lovfestede grenseverdier, mens andre har anbefalte verdier som fungerer som retningslinjer for å oppnå et godt innelima [17], [37]. Radon skiller seg ut ved at gassen er radioaktiv; Grenseverdiene er satt av Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet og regulert gjennom Strålevernforskriften og Byggteknisk forskrift [17],[40].

2.2.1.1 CO₂

Grovt beregnet puster mennesket inn blant annet ca 0,04% CO₂ [35]. Etter gassutvekslingen i lungene puster man ut ca 100 ganger mer karbondioksid (4%) [41]. CO₂-nivået vil derfor stige dersom rommet man oppholder seg i ikke har tilstrekkelig ventilasjon. Høyt CO₂-nivå er en god indikator på det man ofte kaller tung luft, og er linket til blant annet hodepine og nedsatt arbeidsevne [37]. Å måle mengden karbondioksid i et rom er en god metode for å vurdere om ventilasjonen klarer den aktuelle personbelastningen, og er ofte basis for behovsstyrt ventilasjon [42].

Grenseverdi

Vi må opp i svært store mengder med CO₂ før det blir helseskadelig, men folkehelseinstituttet anbefaler en maksverdi på 1000 PPM “som indikator på dårlig ventilasjon” [37].

2.2.1.2 Luftfuktighet

Relativ luftfuktighet (RF) angir i prosent hvor mye fukt det er i luften sett i forhold til det luften kan holde før det kondenserer [43]. Dette er best forklart med formelen :

$RF = \frac{\text{Vanndamp}}{\text{kapasiteten}}$, kapasiteten endrer seg med temperaturen; varm luft har større

kapasitet enn kald luft [37]. Uten at det tilføres vanndamp når temperaturen synker, så vil den relative luftfuktigheten øke. Tørr luft, definert av FHI som under 20% RF, kan gi

helsemessige problemer i form av tørr hud og irritasjon i øyne og slimhinner [37]. Høy luftfuktighet over tid kan gi muggdannelse og skade på materialer i bygget, som videre kan gi helseproblemer til mennesker ved innånding av soppsporer [37].

Grenseverdi

Ingen grenseverdi for menneskers innånding.

2.2.1.4 VOC

Volatile Organic Compounds (VOC) også kjent som flyktige organiske forbindelser, er en samlebetegnelse for diverse gasser med kokepunkt mellom 50 og 260 grader. VOC kan avgis fra byggematerialer, maling, sigaretter, matlaging, impregnerte møbler og lignende. En måling av totalt VOC-nivå (TVOC) gir ingen informasjon om hvilke kjemiske forbindelser det er snakk om, og gir slik sett et dårlig grunnlag å vurdere eventuell helsesisiko. Selv om høye nivåer av TVOC (>25 mg/m³) i enkelte studier har vist at det kan gi akutte helseplager, så er en slik konsentrasjon bare mulig å oppnå i spesielle tilfeller. Folkehelseinstituttet viser forøvrig til manglende forskning på eventuelle forbindelser mellom TVOC og helseplager, og fastslår at det ikke kan utelukkes. I Norge er det normalt høyere konsentrasjoner av VOC innendørs enn ute og de største kildene befinner seg innendørs TVOC kan altså i en viss grad indikere god eller dårlig ventilasjon. [37]

Grenseverdi

Per dags dato er det ingen grenseverdi av TVOC. Eventuelle spesielt helseskadelige forbindelser, herunder formaldehyd og naftalen har egne anbefalte grenseverdier [44].

2.2.1.5 Radon

Radon er en radioaktiv gass som er kreftfremkallende for mennesker [45]. Gassen oppstår som følge av naturlig nedbryting av uran og thorium, og er den største kilden for ioniserende stråling i Norge [45]. Uran og thorium finnes i mange forskjellige bergarter, og i Norge er vi i hovedsak utsatt for radon ved at gassen siver ut fra grunnen og inn i byggene gjennom små

sprekker [45]. Konsentrasjonen av radon vil alltid være høyere innendørs enn ute, og med få unntak er konsentrasjonene utendørs neglisjerbare [46]. I mange bygg kan man få et undertrykk i de laveste etasjene som følge av varmeforskjeller fra toppetasjen og ned. Undertrykk bidrar til å dra inn mer av radongassen, og fører til at det er på vinteren, i fyringssesongen at vi får de høyeste nivåene av radon i bygget [45].

Den vanligste måten for å måle radon i bygg har vært med sporfilm over en periode på minst to måneder i høysesongen som er fra midten av oktober til midten av april [45]. Stråling fra radon etterlater seg mikroskopiske spor i filmen, og ved å studere den samlede mengden spor etter eksponering kan man beregne en middelvei for det aktuelle rommet i den perioden [45]. I nyere tid har det kommet elektroniske verktøy for radonmåling, og man kan i dag overvåke radonnivået tilnærmet i sanntid med enkelte apparater [48].

Grenseverdier

All reduksjon av radoneksponering vil gi lavere risiko for kreft [45]. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) har derfor ikke en nedre grense for å anbefale at det innføres tiltak; så lenge tiltakene gir tydelig effekt i forhold til kostnadene. Det er dog gitt noen krav fra DSA for definerte verdier: [45]

- Under 100 Bq/m³
Enkle tiltak gjennomføres hvis reduksjon kan forventes
- Mellom 100 og 200 Bq/m³
Tiltak gjennomføres til verdien er så lav som praktisk mulig.
- Høyere enn 200 Bq/m³
Tiltak gjennomføres, eventuelt i flere omganger, til verdien er så lav som praktisk mulig og maks 200 Bq/m³.

Tiltak

Vanlige tiltak for eksisterende bygninger er: [47]

- Tetting av konstruksjoner mot grunnen
- Trykkendring over eller under konstruksjonene mot grunnen
- Forbedring av ventilasjonen i bygningen

Gassen kommer inn i bygget gjennom sprekker og åpninger, og et tiltak er å tette disse med for eksempel fugemasse. Undertrykk bidrar til å suge inn mer radon, og dersom man kan oppnå et overtrykk i kjelleretasjen (trykkendring), vil det generelle radonnivået reduseres. Man kan også etablere radonbrønner som aktivt suger ut radonholdig luft [47]. For et stort bygg innebærer disse tiltakene et ganske omfattende arbeid, og det første tiltaket som blir gjort er derfor som regel å øke ventilasjonen i bygget. Dette kan gi tilstrekkelig god effekt, og kan gjøres uten andre kostnader enn økt strømforbruk.

Tiltak som baserer seg på målinger i høysesongen gjelder for hele året [45]. Dette fører til at enkelte bygg står med unødvendig mye ventilasjon på gjennom store deler av året.

2.2.1.6 Temperatur

Helsemessig anbefaling er grovt sett å holde temperaturen inne rundt 22 grader celsius [37]. Norsk standard gir verdier for sommer- og vinterhalvåret som grunnlag for dimensjonering og energiberegning, vinterstid angis 20-24 grader og sommerstid 23-26. Folkehelseinstituttet åpner for skjønnsmessig vurdering og anbefaler generelt å ligge i den lavere enden av skalaen [37].

2.2.2 Energieffektivitet

Energibruk utgjør i dag ca 20% av FDV-kostnadene for et kontorbygg [49]. Riktige FDV rutiner er viktig for gode resultater for økonomi og inneklima. I tillegg til passive energieffektiviseringstiltak som for eksempel:

- Etterisolering
- Vedlikehold av ventilasjonsanlegg
- Bytte til lavenergily og lavenergi kontorutstyr
- Bytte til fornybare energikilder

Kan også aktive tiltak bidra til å redusere energiforbruk. Aktive tiltak er fleksible og iverksettes proporsjonalt med brukerens behov, for eksempel:

- Regulering av innetemperatur gjennom døgnet
- Solavskjerming for lavere kjølebehov om sommeren
- Styring av unødvendig belysning
- Behovsstyrt ventilasjon

For behovsstyring av ventilasjon er en avhengig av et ventilasjonsanlegg som kan justere luftmengden etter hvor det er behov. Noen vanlige ventilsystemer som blir brukt i næringsbygg i dag er: [42]

- CAV (Constant Air Volumes),
- VAV (Variable Air Volumes)
- DCV (Demand Control Ventilation)

CAV er den enkleste formen for ventilasjonssystem og tilfører en konstant luftmengde til hvert enkelt rom, uavhengig av luftkvalitet, temperatur eller personbelastning i rommet. Effekten på et CAV-system er konstant eller styrt ut i fra et tidsur. VAV-anlegg kan være behovsstyrt eller basert på "antatt behov". DCV er basert på faktisk behov, og impliserer styring basert på sensorikk som måler CO₂, luftkvalitet eller temperatur [42].

Oppvarming av kontorbygg står for en stor andel av det totale energiforbruket. Med tidsregulering av temperaturen og et generelt godt fokus på behovsstyring av driften er potensialet for energisparing estimert til å være ca 20 % for mange kontorbygg. [50]

2.3 Eiendomsteknologi

Begrepet eiendomsteknologi omfatter informasjonsteknologi som kan brukes for innhenting, lagring, behandling og presentering av informasjon som er, eller kan være, relevant for å drifte, rehabilitere, leie, bygge eller selge et bygg [51]. Vi vil i dette kapittelet introdusere noe av den teknologien som har blitt testet/brukt på Proptech Bergen:

- Sensorikk fra Airthings og Disruptive technologies
- BIM
- Scan-to-BIM ved bruk av Laser og Fotogrammetri. Herunder Matterport Pro2 , NavVis M6, Mavic 2Pro fra Dji, iPhone12 Pro

Felles for sensorikken fra Airthings og Disruptive Technologies er at de er trådløs, og baserer seg på at prosessering av informasjon foregår i eksterne datasentre. Dette gjør det nødvendig å definere begreper som IoT (internet of things), Cloud, og Big data.

2.3.1 Internet of Things, Cloud og Big data

Etterhvert som teknologiske fremskritt har muliggjort trådløs kommunikasjon og styring av omtrent hva som helst, har det utviklet seg et konsept som ser på mulighetene rundt det at alt er tilkoblet internett [52]. *Internet of things (IoT)* er begrepet som omhandler dette [52]. Data sendes enten direkte, eller via et mellomledd til den aktuelle plattformen på internett. Sortering og prosessering av dataene blir gjort i eksterne datasentre, dette kalles *Cloud computing*, og er ofte referert til som “cloud” eller “skyen” på norsk [53].

Gjennom IoT kan altså de aktuelle gjenstandene samhandle med hverandre, levere og motta data for ekstern styring eller overvåking og analyse. Dataene som samles inn i Cloud fra IoT kan være i store volumer, høy hastighet og komplekse. Dette går inn under betegnelsen *big data* som omhandler analyse av ekstreme mengder med informasjon. Samfunnsnyttig bruk

av *big data* kan gi store verdier, men det er vanskelig å forutsi de ulike sammenhengene som belyses ved analyse av ekstreme mengder med sammensatt data. Datatilsynet i Norge ser både muligheter, og potensielle problemer med IoT og Big data; spesielt er de bekymret for personvernet når de ser at både kommersielle og statlige aktører fokuserer på strategisk bruk av dette. [54]

Man kan tenke seg at når en rekke gjenstander kan styres via internett, for eksempel låsen på inngangsdøren, så krever det et visst fokus på sikkerhet. Man må kunne gi tilgang til data, styring og analyse til de rette personene, samtidig som ikke hvem som helst kan koble seg til og åpne døren. Både Airthings og DT har tiltak for å sikre trygg bruk av deres tjenester, uten at vi kommer til å se nærmere på kryptering eller datasikkerhet.

2.3.2 Sensorikk

2.3.2.1 Airthings og Disruptive technologies

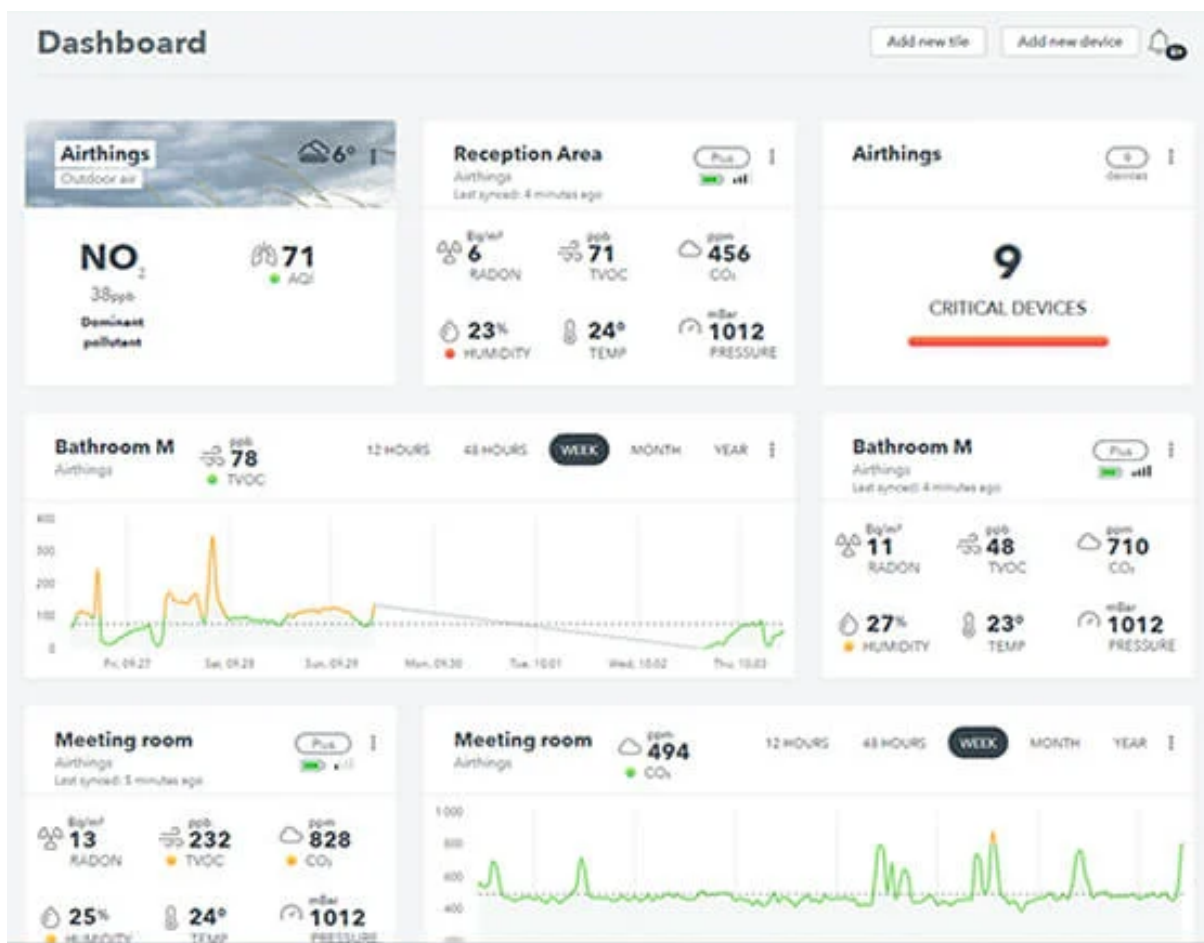
Airthings og Disruptive Technologies (DT) er to norske aktører som har levert sensorer til Proptech Bergen. Airthings ble startet i 2008 av vitenskapsmenn som tidligere jobbet ved CERN; den europeiske organisasjonen for kjernefysisk forskning [55]. Fokuset den første tiden var å utvikle bedre og mer anvendelige sensorer for radon i bygg. Siden har de utvidet kapasiteten til sensorene sine, og inkluderer i dag kontroll over følgende parametre:[56]

- Radon
- VOC
- CO₂
- Temperatur
- Luftfuktighet
- Lufttrykk
- Lys
- Svevestøv (PM1 og PM2.5) .

Mens all rådata er tilgjengelig for brukeren, tolker også sensorene dataene og presenterer verdier for luftkvalitet, muggrisiko, og fra 2021; virusrisiko [56].

Sensorene Airthings leverer er designet for å gli inn i interiøret og enten henge på veggen, stå i en hylle eller på et bord, etc [56]. For næringsbygg leverer de tre ulike sensorer; View, Wave og Wave-mini. View er den mest omfattende, og er den eneste sensoren som inkluderer hele pakken med svevestøv og estimering av virusrisik. Wave måler de øvrige faktorene mens Wave mini fokuserer på temperatur, fuktighet, VOC, samt estimering av risikoen for mugg [56].

Data sendes trådløst via en hub som samler og presenterer informasjonen. Airthings sin hub kan kontrollere 30 sensorer innenfor en rekkevidde på ca 100 meter, men man kan praktisk talt ha så mange hub'er og sensorer man ønsker og få all data samlet og presentert i dashbordet. Dashbordet er tilgjengelig uavhengig av hvor man befinner seg så lenge man har tilgang til internett. En driftsansvarlig for flere bygg kan altså følge med på alle byggene uavhengig av hvor han befinner seg [56].

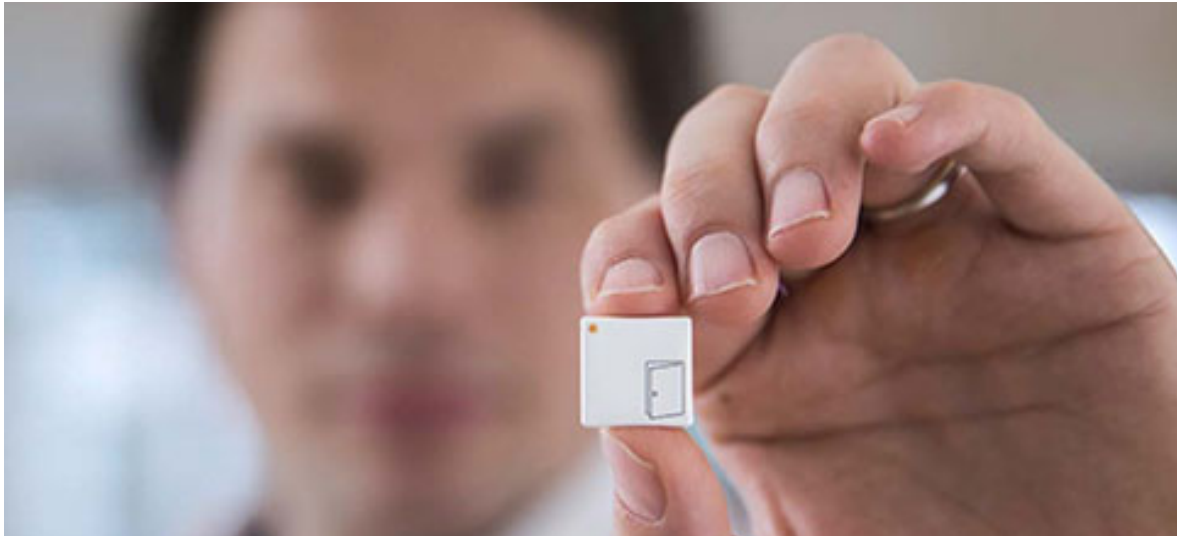


Figur 3 Skjermdump av Airthings dashboard

I 2020 kjøpte Airthings opp norske "Airtight" [57]. Airtight er et selskap som også driver med sensorikk som kan forbedre energiforbruket til en bygning [57]. Prinsippet airtight bruker er relativt simpelt; man har en sensor ute og en sensor inne som måler nøyaktig hvor mye trykk det er i luften [58]. Da kan man si hvor mange bar det er i forskjell fra inne- og utetrykket og suge eller blåse luft inn i rommet for å få det mest mulig balansert [57][58]. Da unngår man å enten blåse varm luft ut gjennom vinduer eller vegger hvor det er sprekker, eller motsatt, hvor man trekker inn kald luft. De gjør også eksperimenter hvor de forsøker å presse radon ut gjennom veggene ved å skape et overtrykk [58].

Airtight fikk i 2020 tildelt "seal of excellence" gjennom EU-kommisjonen sitt Horizon program for forskning og innovasjon. I begrunnelsen mente de at Airtight-teknologien kunne gjøre et signifikant bidrag til at EU nådde sine klimamål [59]. Airtights kunder, som blant annet ISS Facility Services, KLP og Intertek, opplever en gjennomsnittlig energireduksjon på 16% og betydelig mer stabile temperaturer innendørs [57].

Der Airthings leverer løsninger med relativt store og omfattende sensorer, går Disruptive Technologies i andre retningen og utvikler verdens minste kommersielle sensorer. De har en størrelse på 19 x 19 x 2.5 millimeter, er trådløs, og har et innebygget batteri som skal vare i opp til 15 år. Så små sensorer har naturligvis noen begrensninger, og disse kan hovedsakelig bare samle inn data for en ting per sensor. DT leverer i dag (anno Mai. 2021) 11 forskjellige versjoner, alle i samme innpakning. [60]



Figur 4 Disruptive Technologies; verdens minste trådløse sensor [60]

For inneklimate har *DT* sensorer som måler temperatur, luftfuktighet og vann. Vannsensoren sender et varsel dersom den blir dekket av vann, og kan slik hyppig varsle om vannlekkasjer. *DT* har også et utvalg som gir informasjon om berøring eller nærhet til sensor. Hvilken informasjon man får dersom disse aktiveres kan man programmere selv. Ett eksempel kan være om en dør er åpen eller lukket, eventuelt hvor mange ganger den er blitt åpnet den siste tiden, etc. Den minimale størrelsen til disse sensorene tillater montasje omtrent hvor som helst i et bygg; i en ventilasjonssjakt, dør eller vinduskarm, direkte på et vannrør eller andre punkter i et teknisk rom som er vanskelig å komme til. [60]

Data fra sensorene sendes til en “cloud connector” som organiserer og sender informasjonen videre til cloud. En slik cloud connector kan i praksis koble et ubegrenset antall sensorer til skytjenesten, så lenge de er innenfor rekkevidde. Rekkevidden er ifølge *DT* ca 25 meter innendørs med de hindringene som normalt kommer i veien der, det kan sammenlignes med rekkevidden til en god wifi-ruter. Dersom det er fri sikt fra sensor til connector kan rekkevidden være opp mot 1000 meter [60].

Monteringen av en *DT* mikrosensor består av å klistre den på der man vil ha den med limet som er på sensoren [60]. Airthings luftkvalitetssensorer kan festes med dobbeltsidig teip, eller skruer, Wave-modellen bruker da en enkelt skrue som vist på figuren under. [61]



Figur 5 Montering av Airthings-sensor [61]

2.3.4 Digitalisering

I dette kapittelet vil vi snakke om sentrale temaer relatert til digitalisering av bygninger og kartlegge tilgjengelig teknologi og programvare for å skape en digital tvilling, samt hvilken informasjon den digitale modellen kan inneholde.

2.3.4.1 BIM

BIM (byggningsinformasjonsmodellering eller engelsk; Building Information Modelling) er en prosess hvor man oppretter en 3D-modell av en bygning og fyller modellen med mest mulig informasjon. Dersom vi ser på et vindu i en BIM-modell kan dette vinduet inneholde informasjon som bredde- og høydemål, men også pris, u-verdi, produsent og i hvilke fase av byggeprosessen vinduet skal monteres [62]. BIM er grunnlaget i en samarbeidsmodell [63]. Det betyr at BIM kan inneholde informasjon fra flere fag, som for eksempel VVS, elektro, arkitektur, struktur, mm. BIM optimaliserer prosjekter ikke bare ved å redusere tidsbruk under prosjektering, men også ved å oppnå økt nøyaktighet [63]. Den enorme informasjonsmengden gjør at modellen kan brukes til å simulere endringer i konstruksjonen eller i et system over tid, som for eksempel energisimuleringer [65]. Bruk av BIM gjør det mulig å redusere byggekostnadene, samtidig redusere byggetiden betydelig og gi økt oversikt og kontroll over byggeprosessen [64]. En BIM-modell kan også brukes til en sikrere

drift av bygningen ved å innhente detaljert driftsdokumentasjon i den tredimensjonale informasjonsmodellen [64].

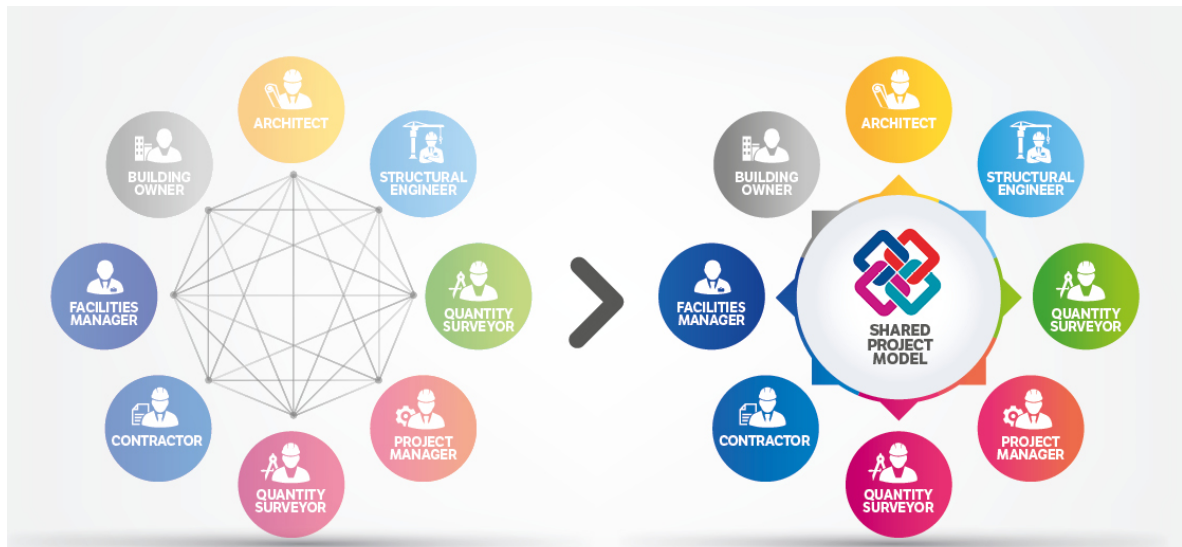
2.3.4.2 BuildingSMART

BIM prosessen inkluderer en enorm mengde informasjon som ulike aktører jobber med [66]. For at samarbeid skal være effektivt, kreves det god organisering og kommunikasjon. For å hjelpe med dette har det blitt opprettet en ideell medlemsdrevet organisasjon som heter BuildingSMART [67].

Dette er en internasjonal organisasjon som utvikler åpne standarder og optimale løsninger for effektiv utveksling av digital data. Hvert medlemsland etablerer egne åpne nasjonale og lokale standarder i henhold til lokale behov og muligheter, med forståelse for behovet og gjennomførbarheten. Slik bidrar hvert enkelt land til en felles utvikling. [68]

Et viktig fundament i BuildingSMART er utviklingen av Industry Foundation Classes (IFC)[67]. IFC er et åpent dataformat for forenklet utveksling av BIM. IFC er kompatibelt med de fleste moderne programvare som brukes i byggebransjen og gjør det mulig å utveksle informasjon mellom informasjonsmodeller opprettet i programmer fra ulike produsenter[67]. For å sikre at samarbeid i prosjektering, bygging og drift er basert på åpne arbeidsflyter og standarder, ble det opprettet et ÅpenBIM-konsept. [69]

Figur 6 viser forskjellen i informasjonsutveksling mellom ulike aktørene med og uten bruk av ÅpenBIM- konseptet.[70]



Figur 6 Tradisjonell prosess vs BIM prosess [70]

2.3.4.3 “I” i BIM

I et BIM-prosjekt utveksler man informasjon mellom forskjellige prosjektdeltakere. *“Denne informasjonen deles gjennom en felles plattform CDE (The common data environment) som forenkler samarbeidet mellom prosjektmedlemmer og hjelper med å unngå duplisering og feil.”*[71]

En modell som mangler geometrisk og parametriske intelligens, kan ikke betraktes som BIM.[72] I dette tilfelle kan modellen representere et skjematisk design, men den kan ikke justere posisjonering eller proporsjoner. Det er umulig å sikre at den oppnådde 3D-modellen vil være gjennomførbare og tellbar[72]. Samtidig trenger ikke informasjonsmodellen å være av slik detalj at hvilke som helst informasjon om et gitt objektet må legges inn[72]. Hvor fullstendig informasjonen skal være, avhenger av forventningene og kravene til selve prosjektet. Hvis kravene endres og tilleggsinformasjon blir nødvendig for en bestemt del av modellen, kan den legges inn etter behov. For en effektiv gjennomføring av prosjektet er det nødvendig å vite hvilken detaljeringsgrad som er nødvendig for de ulike fasene av prosjektet. Level of development (LOD) er betegnelsen som brukes for å beskrive detaljeringsgraden[73]

.

LOD er delt inn i detaljeringsgrad som definerer modenheten til en BIM-modell:[74][73]

Detaljeringsgrad	Definisjon	Bruksområde
LoD100	Elementet kan være representert grafisk i modellen med et symbol eller et generisk objekt, men tilfredsstill ikke kravene til LOD 200.	Skisseprosjekt
LoD200	Elementet er representert grafisk i modellen som et generisk system, objekt med omtrentlige mengder, størrelse, form, plassering og orientering.	Forprosjekt
LoD300	Elementet er grafisk representert i modellen som et spesifikt system, objekt eller samling når det gjelder mengde, størrelse, form, beliggenhet og orientering.	Detaljprosjekt
LoD350	Elementet er grafisk representert i modellen som et spesifikt system, objekt eller samling når det gjelder mengde, størrelse, form, plassering, orientering og samhandling med andre bygningssystemer.	Tilbudsprosjekt
LoD400	Elementet er grafisk representert i modellen som et spesifikt system, objekt eller samling når det gjelder størrelse, form, plassering, mengde og orientering med detaljering, fabrikant, montering og installasjonsinformasjon.	Fabrikasjon og montering
LoD500	Elementet er verifisert som en representasjon av det faktiske objektet som skal bygges med informasjon som nøyaktig størrelse, form, beliggenhet, mengde og orientering	As-Built

Figur 7 LOD-tabell

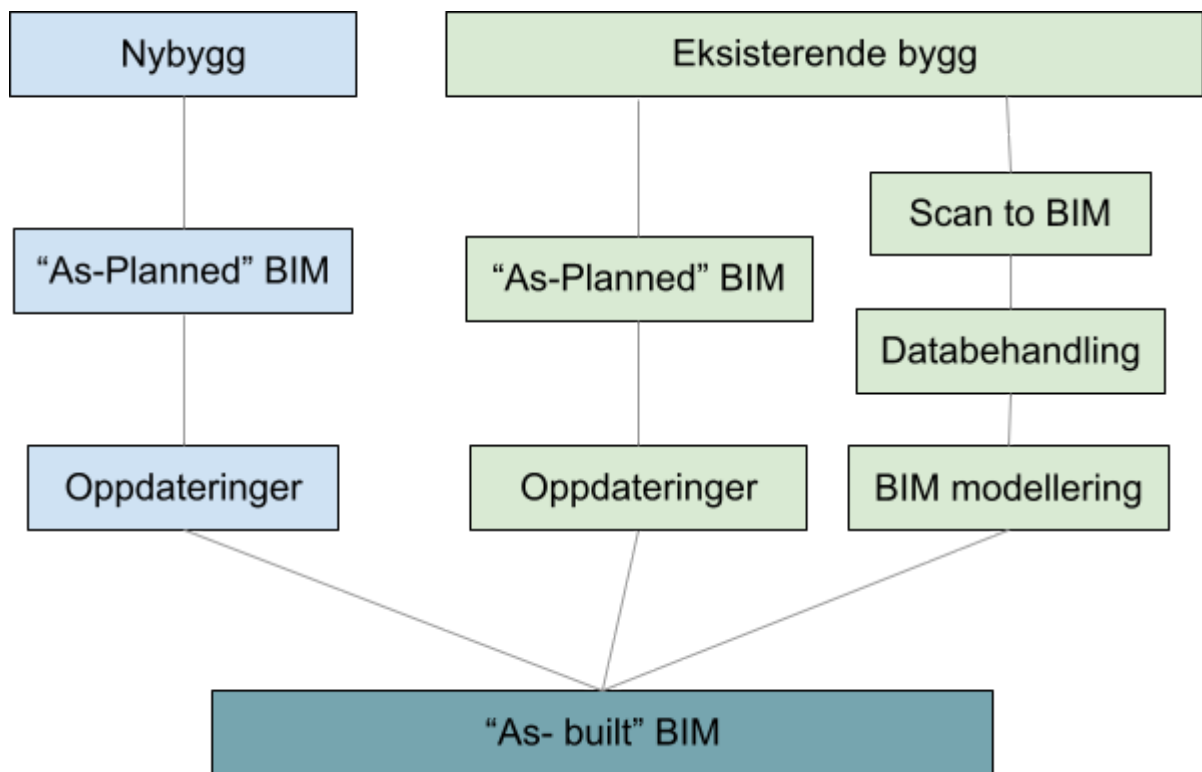
For å nå LoD400 eller høyere må modellen inneholde informasjon om byggevarerne som er brukt[74]. Dette kan være informasjon om fabrikat, monteringsanvisning, installasjonsinformasjon, egenskapene til elementet eller lignende. For å standardisere utvekslingen av slik produktinformasjon har de vareproduserende organisasjonen innen byggenæringen gått sammen med Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) om å stifte foreningen

PDT Norge[75]. PDT står for Product Data Template. Formålet med PDT Norge er å sikre en felles måte å strukturere og levere produktdata på[75]. Felles datastruktur betyr at bransjen snakker samme språk og sikrer entydig informasjon om produktenes egenskaper. [75] Når modellen inneholder så detaljert produktinformasjon vil det også kunne forenkle arbeidet med gjenvinning eller rehabilitering.

Hvis informasjonsmodellen består av mange forskjellige filer, organiseres modellen i en sentral fil med lokale kopier for hver deltaker [72],[76]. Hvis prosjektdeltakere jobber i forskjellige typer filer, kan modellen deles i eksterne modeller, og deretter "sy" dem sammen til en modell [72]. I noen tilfeller, der det ikke er behov for å overbelaste modellen med ytterligere informasjon kan det være nok at modellen lenkes til de eksterne modellene [72].

2.3.4.4 “BIMmization”

Bruk av BIM kan skilles mellom modellering av nye og eksisterende bygninger. For nybygg opprettes BIM “As-Planned”, det vil si at BIM-modellen vil være en modell av bygningen slik den er prosjektert [77]. Dersom et nybygg gjennomgår endringer, må nødvendigvis BIM-modellen oppdateres for å være en “As-Built” modell. For de fleste eldre bygninger finnes det ingen BIM-modell [77]. Da må bygget modelleres etter 2D-tegninger og målinger, eller 3D-skannes. I kapittel 2.3.4.6.2 (scan-to-BIM) vil vi se nærmere på hvordan en slik skanning foregår. De tre fremgangsmåtene kan representeres grafisk som i figur 8 [77]:



Figur 8 BIM "As-built" opprettelse prosess for nye vs eksisterende bygg. Delvis [77]

2.3.4.5 BIM for eksisterende bygg

Driftsfase er en av de viktigste og lengste periodene i bygningens livssyklus og kan vare i over 50 år. Driftsøkonomi er hovedindikatoren for investeringskomponenten i byggets livssyklus og avhenger direkte av de tekniske egenskapene og kvalitetene til bygget [78]. Derfor spiller driftskontroll og modernisering en viktig rolle i vedlikehold av eksisterende bygninger. Det finnes idag en økende interesse for utvikling og implementering av digital teknologi for drift og vedlikehold av bygninger[79],[80]. Digitalisering av bygninger er et nyttig verktøy som kan brukes ved en tilstandsvurdering[81].

"Potensielle fordeler ved å bruke BIM i eksisterende bygninger er knyttet til effektivitet, tid- og kostnadsbesparelse under renovering, kvalitetskontroll og overvåking, energisimulering, innendørs navigering og beredskap." [81]

BIM kan ikke brukes til å identifisere mangler og muligheter for et eksisterende bygg å forbedre energiytelsen, men ved å lage en digital tvilling av et bygg er det mulig å simulere

forskjellige alternativer[82]. Deretter kan man analysere, sammenligne og forutsi energieffektiviteten til de forskjellige alternativene og velge den beste løsningen basert på dette. Selv om arkitekter og prosjekterende i mange år har benyttet BIM til planlegging av nybygg, og BIM-formatet åpner for mange muligheter, har BIM for eksisterende bygninger tradisjonelt sett blitt ansett som kostbart og komplisert. [83] Eksisterende eiendomsmasse er vanligvis dokumentert i form av enten 2D-tegninger eller DAK-filer (dataassistert konstruksjon) som kan inneholde utdatert eller unøyaktig informasjon, mens noen eldre bygninger har ingen dokumentasjon i det hele tatt.

Det finnes lite standardisering på hvor mye datafangst og bearbeiding som må til for å lage en BIM-modell som kan brukes til drift eller påbygg av en eksisterende bygning [84]. Noen aktører i bygg- og boligsektoren har begynt arbeidet med å definere ulike sett med krav til deres BIM-prosjekter [85]. Statsbygg har blant annet lansert to standardiserte kravsett for modellering av eksisterende bygninger, "SIMBA X" og mer avanserte "SIMBA X+" [85]. Disse inneholder et sett med krav om hvilke data en BIM-modell skal baseres på og hvordan objektene i modellen skal defineres. Kravsettene er helt ferske (29.01.2021) og kravene trådte i kraft 01.03.2021 [86]. Etablering av slike standarder for modellering og dokumentasjon gir en klarere forståelse og systematisering som kan brukes på den eksisterende bygningsmassen.

2.3.4.6 Datafangst for modellering

Datakilden for etablering av en digital tvilling kan være former for skanning, sett med DWG-tegninger, ulike former for FDV-dokumentasjon, papirbaserte tegninger, oppmålinger, befaringer eller en kombinasjon av de. I dette kapittelet ser vi på forskjellige kilder til data for å lage en BIM-modell.

Eksisterende tegninger

Den klassiske metoden for å samle informasjon om eksisterende bygningsmasse utføres ved hjelp av tilgjengelige papirbaserte tegninger eller DWG-filer. I noen tilfeller kan denne

metoden være tid- og ressurskrevende. Feil tegningsgrunnlag kan føre til forsinkelser for å gjøre endringer i prosjektet, og derfor øke prosjektkostnadene. Helst burde en slik eksisterende dokumentasjon brukes som en tilleggskilde.

Scan-to-BIM

Scan-to-BIM er en prosess hvor man registrerer et fysisk objekt eller rom digitalt ved å lage en punktsky og behandler den mottatte informasjonen i BIM-baserte programmer. [87]

Punktskymodellering vanligvis lages ved bruk av Laser eller Fotogrammetri teknologier, eller kombinasjon av de. En *Laserskanning* er et kartleggingssystem som inkluderer en rekke forskjellige sensorer og teknologier [88]. Det viktigste er en *Lidarsensor*, som bruker raske laserpulser for å samle hundretusener av ekstremt nøyaktige målinger per sekund [88]. En annen metode for informasjonsinnhenting om et objekt er *Fotogrammetri*, der brukes bilder for å trekke ut 3D-koordinater [88],[89],[90].

Punktskymodell gjenspeiler «as-is» («som den er») tilstand av et bygg [88]. Scan-to-BIM kan brukes til opprettelse av «as-built» dokumentasjon [89]. Modeller laget med scan-to-BIM er også nyttige for å sammenligne med originale planer, topografisk registrering og mer [88], [90].

For å lage en fullverdig BIM-modell av en bygning, skannes alle indre deler og fasader av bygningen. Den registrerte modellen kan inneholde fra flere tusen til flere millioner koordinatpunkter [91]. Ved bruk av disse metodene er det mulig å hurtigt samle veldig detaljerte punktskyer som representerer overflatene til et objekt [91]. En enkelt skanner kan dekke områder opp til ca. 200 meter på 20-40 minutter [91]. Etter skanningen er gjennomført og konvertert til et passende format, overføres punktskydata til Revit for påfølgende modellering [88][90]. En klassisk punktskymodell er vanligvis for detaljert til å brukes i BIM [92]. Derfor er det ofte nødvendig å forenkle modellen og definere de enkelte overflatene [92].

Avhengig av interesseobjektets kompleksitet, størrelse og tekniske egenskaper, kan det velges bakkebasert, bærende eller dronemonterte skannere. Det finnes forskjellige typer

skannere og kameraer på markedet. Nedenfor gir vi mer detaljert informasjon om skannerne som ble brukt i vår undersøkelse.

Bakkebasert skanner: Matterport Pro 2



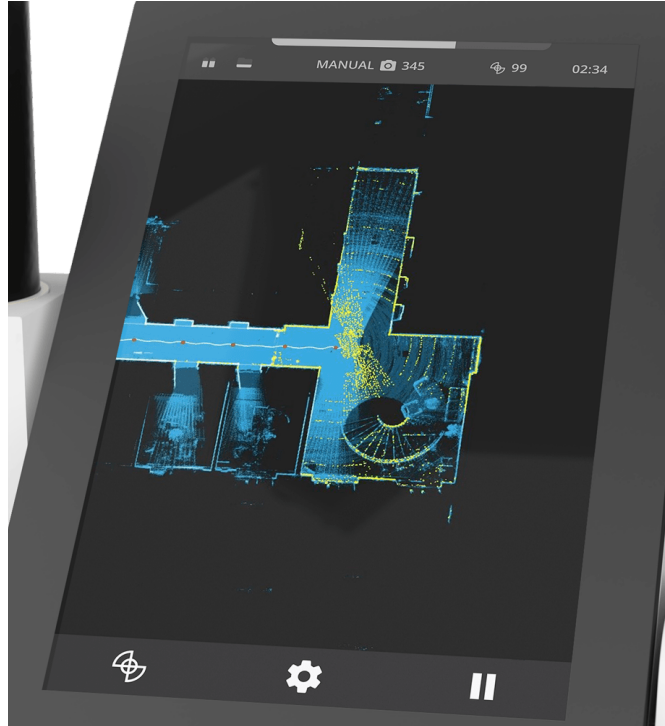
Figur 9 Matterport Pro 2 kamera [93]

På Kokstadflaten 4 ble det brukt et Matterport Pro 2 kamera som har innebygd 3D-kamera. I bakkebasert 3D skanning brukes vanligvis kameraer som roterer automatisk 360 grader rundt og har både 2D og 3D-sensorer til å fange inn omgivelsene [93]. Bildeinformasjon behandles av avansert og intelligent programvare i nettsky [93]. Denne programvaren syr automatisk sammen all informasjonen, foretar beregninger av avstander og mål, og genererer et interaktivt 3D-rom [93].

Bakkebasert skanner: NavVis M6



Figur 10 NavVis M6 skanner [94].



Figur 11 Innebygd NAvVis skannerskjerm [94]

Miris er et innovativt eiendomsselskap som holder til i Oslo, og som i Januar 2021 begynte en scan-to-BIM prosess ved Proptech Bergen. De bruker et innendørs kartleggingssystem "NavVis M6" [94]. Denne skanneren har en kombinasjon av innebygde Lidar og RGB kamera for å lage en punktsky og fange fotorealistisk 3D-datasett av et bygg [94]. I tillegg til dette har laseren en SLAM-teknologi (Simultaneous localization and mapping), som gjør det mulig å registrere skannerens plassering og bevegelsesbane [94].

Skanneren har innebygd skjerm som visualiserer kvaliteten på datainnsamlingen under skanningen og gir tilbakemelding hvis noen av punktene mangles [94]. Dette minimerer risikoen for dårlige resultat.

Drone skanner: Mavic 2Pro

Teknikken som brukes ved droneskanning kalles fotogrammetri, og går ut på at man ved å ta bilder fra luften fra en gitt høyde med overlapp, klarer å generere en 3D-modell av terrenget man tar bilder av [95]. En av de beste dronene på markedet i dag er Mavic 2 Pro [96].

Dronen har en innebygd kamera som er montert på et videostabiliseringssystem. Kameraet er utstyrt med en sensor og kan ta bilder på opptil 20 MP [97]. Siden den veier mer enn 250 gram, må personen som flyr en slik drone registrere seg på flydrone.no, ta et internettkurs og bestå eksamen.



Figur 12 Dronekamera Mavic 2Pro [98]

iPhone/iPad

For prosjekter der det ikke er behov for kompleksiteten og presisjonen de overnevnte skannerene tilbyr, finnes det også enklere alternativer som for eksempel en iPhone 12; iPhone 12 Pro har et innebygd LIDAR-kamera og kan lage en 3D-modell med en avviksprosent på 1-2 % [99]. Det er også mulig å bruke eldre modeller av iPhone, men på grunn av de forskjellige kameratypene vil sannsynligheten for avvik øke til 5% [99]. App Store gir tilgang til forskjellige skanningsapplikasjoner med ulike tekniske egenskaper og nøyaktighet. [100],[101] Matterport, Canvas og Polycam er 3 apper som vi har testet med iPhone 12Pro på Proptech Bergen.

Oversikt over verktøy for skanning brukt på Proptech Bergen:

Skanneenheter

Skanner	Pris [kr]	iCloud pris [kr]	Avvik	Størrelse hxbxd [cm]	Vekt [kg]	Batteritid [time]
Matterport	28000	515-2285 kr/mnd	Generelt 1%*	22,9x26x11,1	3,4	8
NavVis Ivion	83000 0	N/A	68% confidence interval innenfor 5 mm**	198x94x78	40	3,5
DJI Mavic 2Pro	15000	Brukes eksterne løsninger	Avhenger av flere faktorer	8,4x24,2x32,2	0,907	0,5
iPhone12Pro	12990	2TB - 99 kr/mnd	Generelt 1%	146,7x71,5x7,4	0,187	17

Figur 13: Tabell over skannerenheter**[94],[98],[100]

iPhone applikasjoner:

iPhone App	Pris [kr]	eksportdata format	URL deling
Polycam	455,00 kr/år 89,00 kr/mnd	mesh data in .obj, .glb, .dae, .stl and .usdz point cloud data in .dxf, .ply, .xyz and .pts.	Ja
Canvas	13 kr/m ²	.skp, .dwg, .dae, .rvt, .ifc, .plan, .kit, .pdf	Ja
Matterport	515-2285 kr/mnd	.obj .xyz	Ja

Figur 14: Tabell over iPhone applikasjoner [100],[101] [102]

2.3.4.7 Virtual Reality

En skannet og behandlet 3D-modell kan lagres i skyen og deles ved å sende en lenke til andre brukere [103]. Enkelte plattformer tilbyr VR (Virtual Reality) funksjon til å visualisere bygget ved bruk av VR-briller slik at en kan se rommet mer detaljert, som om personen var inne i bygget [103]. *Walking Mode* er en annen funksjon som gjør det mulig å bevege seg i det digitale rommet og se det fra forskjellige vinkler [103]. Hvis den skannede bygningen har mer enn en etasje, kan brukeren få oversikt over alle etasjene ved å zoome ut og rotere modellen ved bruk av *Orbit Mode*[103]. Disse funksjonene gjør det enklere å samarbeide, planlegge og ta beslutninger ved at befaring kan foretas virtuelt. Virtuell befaring kan slik

spare tid og ressurser. Bruk og navigering i slike 3D-modeller krever ikke høy kompetanse fra brukeren. [104]

2.3.4.8 Programvare

Jo mer informasjon en digital bygningsmodell har, jo flere analytiske løsninger kan brukes for å effektivisere et prosjekt [71][105]. Programmer hjelper til med å samle inn og behandle data om bygget og omgivelsene. Noen programmer kan brukes i samspill, mens de andre presenteres som eksterne programmer. I dette kapitlet vil vi se på noen av de ledende BIM-verktøyene som brukes for visualisering, analysing og kvalitetssikring.

Tegneprogrammer

Revit regnes som et av de mest kjente og mest brukte programmene innen BIM-modellering.[71] Til tross for at velkjente AutoCAD og Revit har samme utvikler - Autodesk, er disse to programmene helt separate plattformer med forskjellige kodebaser og filstrukturer. [106]

AutoCAD brukes som et tegningsverktøy, mens Revit brukes som et 3D-modelleringsverktøy. Revit inneholder mange forskjellige innebygde programvarer som gjør modelleringsprosessen effektiv og bidrar til å sikre optimal kvalitetskontroll i prosjekter. Revit Server og BIM-360-applikasjoner gjør det mulig å organisere samarbeid mellom distribuerte arbeidsteam som jobber på en felles Revit-modell i et nettverk. De sammenslåtte Revit-modellene er lagret på en sentral server og prosjektdeltakere har adgang til modellen fra lokale servere. Dette systemet gjør arbeidsflyten mer effektiv [107].

Revit har gode visualiseringsfunksjoner som viser modellen i forskjellige visninger og moduser. Siden programmet støtter toveiskommunikasjon, vil endringer som gjøres i andre deler av modellen enkelt overføres i hele modellen. En annen ledende plattform for BIM-modellering er ArchiCAD som ble introdusert av Graphisoft på 80 tallet [71]. De primære brukerne av ArchiCAD er arkitekter, tegner og landskap- og interiørdesignere.

Samme som Revit ArchiCAD har interaksjon med IFC og støtter toveis informasjonsutveksling.

Energi og Miljø

Autodesk Revit har et innebygd energisimulerings funksjon **Energy Analysis** som kobler Revit-modell til de analytiske funksjonene til **Autodesk GBS (Green Building Studio)**. Med energisimulering kan en analysere mengden strøm som tilføres og forbrukes for alle rom og volumer i en bygningsmodell. I tillegg til dette kan **GBS** utføre vann bruksanalyse, dagslysanalyse med energibesparelser, vurdere potensiale for naturlig ventilasjon og lokale værdata analyse. [108]

Dasher360

Autodesk har jobbet med et innovativt forskningsprosjekt siden 2009 kalt Project Dasher.[109] Dette prosjektet utvikler et nettbasert visualiseringsprogram Dasher360. I kombinasjon av Forge Platform, Revit-modell og sensordata kan programmet visualisere hvordan eksisterende bygninger utfører i sanntid og gjennom hele bygningens livssyklus.[109][110] Ved bruk av Dasher 360 blir det mulig å visualisere ikke bare data fra inneklimatiske analyser, som for eksempel temperatur og luftfuktighet, men også bruksnivået til bygningen. [109][110]

Skannebehandling

Autodesk ReCap Pro er en programvare med skybasert tjeneste som tilbyr å lage tredimensjonale modeller av objekter eller byggefelt med fangst av virkelighetsbilde fra importerte foto- eller laserskanninger. Det endelige produktet er punktskydata som kan eksporteres i passende Revit format og brukes videre i DAK- og BIM. [111]

3 Metode

I dette kapittelet skal vi beskrive metodene vi har brukt for å søke svar på problemstillingen. Først vil vi gå gjennom metodenes struktur, og deretter vil vi beskrive metodene i detalj.

Sosiologen Vilhelm Aubert definerer en metode slik: *“En metode er en fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder”* [112]. Metoden er et hjelpemiddel som hjelper oss til å samle inn data vi trenger til undersøkelsen vår. [112]

Det er vanlig å dele metodene inn i to hovedtyper: kvalitativ og kvantitativ. Holme & Solvang mener at metodene varierer i formalisering og struktur [113]. De har både sine sterke og svake sider, men begge to har et felles formål for å bidra til en bedre forståelse av det samfunnet vi lever i, og hvordan enkeltmennesker, grupper og institusjoner handler og samhandler [113]. Grunnleggende forskjellen mellom disse metodene er at kvantitativ metode omformer data til tall og mengdestørrelser som er i større grad preget av kontroll fra forskerens side, mens kvalitativ metode basert på forskerens tanker, ideer eller erfaringer fra mennesker gjennom intervjuer, casestudier og litteraturstudie.

3.1 Valg av metode

Siden bruk av eiendomsteknologi for rehabilitering og videre vedlikehold av eksisterende bygninger ikke utføres i stor skala, vanskeliggjøres bruken av kvantitativ metode. For å oppnå pålitelige resultater, bør vi først og fremst fokusere på erfaringer og meninger fra eksperter, samt tidligere utført forskning eller publiserte fakta. Derfor velger vi en kvalitativ forskningsmetode som består av litteraturstudie, intervjuer, casestudie og andre alternative metoder.

3.2 Litteraturstudie

Formålet med litteraturstudiet er å få oversikt og innsikt i tidligere forskning, artikler, dokumentasjon av lignende problemstillinger, analysere tilgjengelig informasjon og danne en ny tilnærming til problemet, bekrefte eller gjendrive resultatene fra vår egen forskning, vise vitenskapelige innovasjoner og formulere relevansen og betydningen av forskningen som gjennomføres.

Valg av litteratur er basert på egne vurderinger om hvorvidt informasjonen er relevant for det valgte temaet, samt samtaler med veilederne våre. For å kunne utforske arbeidet vårt fra forskjellige perspektiver bruker vi både norske og utenlandske litterære kilder. På denne måten kan vi vurdere relevansen og utviklingen av problemløsninger i Norge sammenlignet med andre land.

For å nå pålitelige kilder, brukte vi først og fremst Oria for å finne relevante bøker og artikler, Google Scholar for å søke forskningsartikler samt fagressursdatabaser som for eksempel Byggforskserien. For å finne mest relevante og nye artikler for vårt tema, brukte vi avansert søk og avgrenset publiseringsdatoen til 2010, men for å spore progressivitet i teknologiutvikling brukte vi også eldre publikasjoner.

Når vi brukte internettressurser, prioriterte vi primærkilder og brukte følgende nøkkelord for å finne informasjon på norsk og engelsk språk: proptech, eiendomsteknologi, BIM, bærekraft, IoT, inneklima, 3D-modellering, laserskanning, bigdata, artificial intelligence, sensorikk, digitalisering av eksisterende bygg, rehabilitering osv. Mest brukte nettsider er Statsbygg.no, TU.no, Buildingsmart.no, Bygg.no, Regjeringen.no, Sintef.no, Dibk.no.

3.3 Andre ressurser

Siden det valgte temaet for bacheloroppgaven gjelder teknologier som stadig utvikles og suppleres, har vi også brukt videoforelesninger, webinarer, podcaster og kurs. For informasjon om metoder for skanning brukte vi blant annet YouTube-kanaler, der eksperter

innen skanning og digitalisering viste hvilke programmer som brukes i denne prosessen, samt beskrev selve prosessen fra A til Å. For å få aktuelle videoer begrenset vi søket til tidligst 2015 og brukte de følgende nøkkelord: scan-to-BIM, laserskanning, Lidar, IoT, sensorikk og punktsky.

For å få generell informasjon om eiendomsteknologi deltok vi på et kurs fra Nemitek: "Styring av inneklimate og energibruk i bygg." For å lære mer om dagens situasjon rundt digitale tvillinger, BIM for eksisterende bygg, sensorikk og bærekraftig utvikling i Norge, har vi sett webinarer på DigitalNorway og hørt følgende podcaster: buildingSMART Norges "Faglig onsdag", samt "Bærekraftige bygninger" og "Praktisk proptech" av henholdsvis Anne Sofie Bjelland og Tommy Hagenes.

3.4 Intervju

Vi har valgt intervjuer som en kvalitativ forskningsmetode. Målet med metoden er å høre meninger av eksperter, bekrefte at den innhentede informasjonen er aktuell for dagens praksis, kartlegge fakta og fylle ut manglende informasjon.

Valg av intervjupersoner ble rekruttert gjennom vårt nettverk i Energy-Control.

Intervjuobjektene ble valgt basert på deres erfaring innenfor de aktuelle temaene. Møtene ble i hovedsak avtalt via e-post, og ble stort sett gjennomført digitalt via Zoom.

For å skape en mer organisert intervjustruktur og få bedre svar, avtalte vi individuelle møter med intervjupersoner og sendte spørsmål via e-post på forhånd. Avhengig av svar og kunnskapen til respondenten, ble det stilt oppfølgingsspørsmål der de kunne bidra til å fordype temaet. Det ble gjort lydopptak ved hvert enkelt intervju som senere ble transkribert til tekstformat og lagt som vedlegg i oppgaven.

For å avklare noen teoretiske spørsmål, gjennomførte vi også samtaler med lærere i form av uformelle intervjuer. I dette tilfellet sendte vi ikke spørsmålslisten på forhånd, siden vi ikke

hadde behov for omfattende svar, men bare bekreftelse av allerede studerte fakta for å løse uenighet eller eliminere usikkerhet i teoretiske spørsmål.

3.5 Casestudie - Kokstadflaten 4, “ Proptech Bergen “

Case-studie omfatter et undersøkelsesobjekt som gir et grunnlag for å identifisere viktige fenomener og forhold som videre analyseres, og kan anvendes i generelle betraktninger.

Vårt case er et kontorbygg på ca 4000 m² som ligger på Kokstadflaten 4, litt utenfor Bergen sentrum. Dette bygget er fra 1982 og blir i dag brukt som testlab for eiendomsteknologi i regi av Energy-Control. Energy-Control er et rådgivende selskap innenfor smarte bygg, og har spesielt fokus på å få ny teknologi til å fungere for eldre bygg. Energy-Control har døpt kontorbygget på Kokstadflaten til “Proptech Bergen”, og bruker bygget til å samle forskjellige aktører for å teste og utvikle eiendomsteknologi.

Ved Proptech Bergen testes blant annet sensorikk fra Airthings og Disruptive Technologies, 3D-skanning, og scan-to-BIM. Proptech Bergen skal være en akselerator for ny eiendomsteknologi, og er derfor et case med gode muligheter for å studere vår problemstilling.

De har over 10 000 sensorer som sender data til et dashboard hvor informasjonen blir presentert og overvåkes. For å få mest mulig innsyn i hvordan teknologien på Proptech Bergen fungerer har vi fått tilgang til Energy-Control sitt dashboard. I tillegg har vi fått tilbudt lokaler i deres kontorlandskap slik at vi har kort vei til å observere hvordan de jobber der ute. Men på grunn av den pågående koronapandemien har det vært begrenset hvor mye vi har kunnet benyttet oss av dette tilbudet.

Vårt mål med case-studien av Proptech Bergen er å få innsikt i hvordan eiendomsteknologi kan bidra til en mer effektiv og bærekraftig drift av eksisterende næringsbygg.

4 Resultat

I dette kapitlet presenteres resultater som kan oppnås ved bruk av eiendomsteknologi som tidligere er omtalt i teoridelen. Resultatene er hentet fra case-studiet av Proptech Bergen og fra intervju med personer som jobber med eiendomsteknologi til daglig. 3D-modellene som er generert ved bruk av ulike skannemetoder blir presentert først. Videre ser vi på de foreløpige resultatene av en pågående scan-to-BIM prosess i regi av Miris, og sammenligner deres resultater med våre egne forsøk ved bruk av Iphone 12Pro og forskjellige apper.

Energy-Control har installert en mengde sensorer på Proptech Bergen; først for å diagnostisere bygget, deretter har de lyktes med å implementere dataene i driften av bygget. Vi presenterer her noen av resultatene de har oppnådd ved dette.

BIM-modellen fra Miris, samt implementering av sensordata er et pågående arbeid. Våre resultater viser en del av fremgangen og vi vil drøfte potensialet videre, men representerer på ingen måte det endelige produktet eller det fullt utnyttede potensialet fra teknologien og metodene som utvikles.

4.1 Digitaliseringsprosess

I dette kapitlet vil vi vise resultatene fra de ulike enhetene og programmene som ble brukt i digitaliseringsprosessen.

4.1.1 Matterport Pro 2

Energy Control brukte 4 dager på å skanne hele bygget med *Matterport Pro 2*. Kameraet inneholder GPS posisjonering som gjør det lett å koble bilder ved skanning av forskjellige deler av en bygning sammen. Den behandlede punktskyen ble lagret på en server og kunne overføres ved hjelp av en lenke eller eksporteres i OBJ format [114]. Resultat fra skanning kan sees her:

<https://proptechbergen.no/3d/>

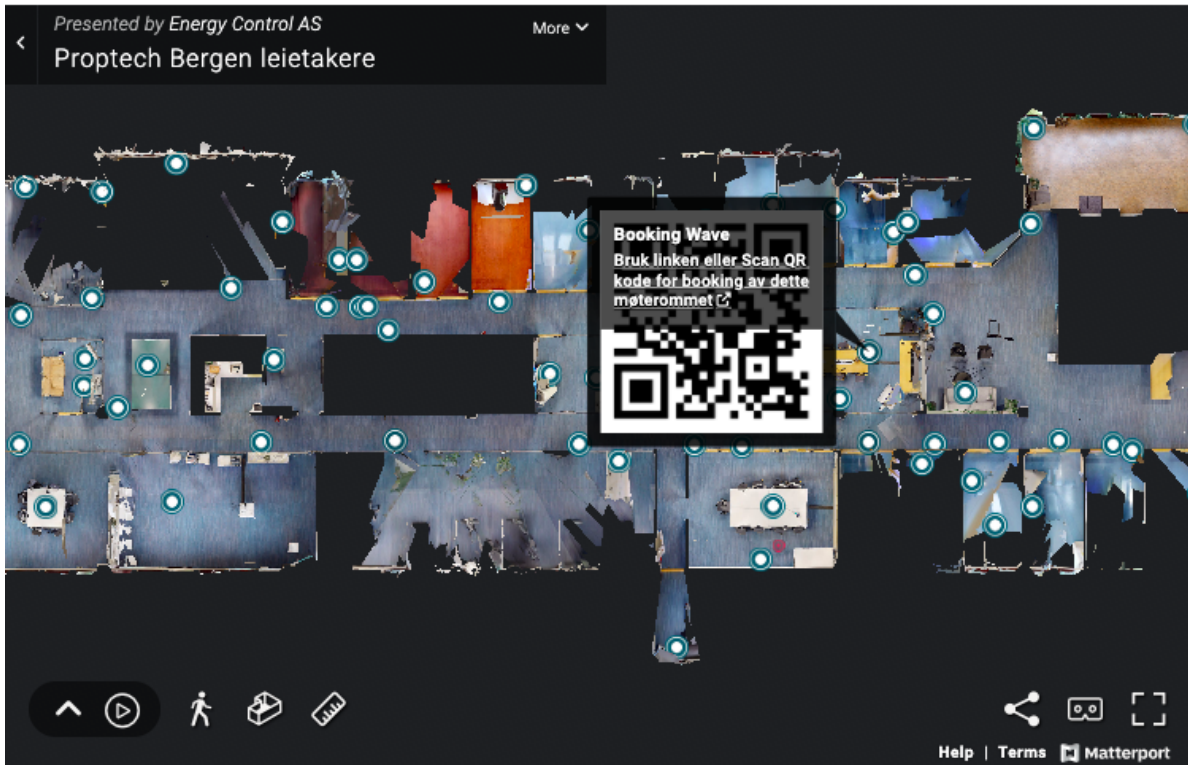
Resultatet fra skanning kan visualiseres i forskjellige moduser som gjør det lettere å navigere og gir rask tilgang til objekteter av interesse.

Figur 15 viser *Floor Plan modus* av en etasje i 2D.

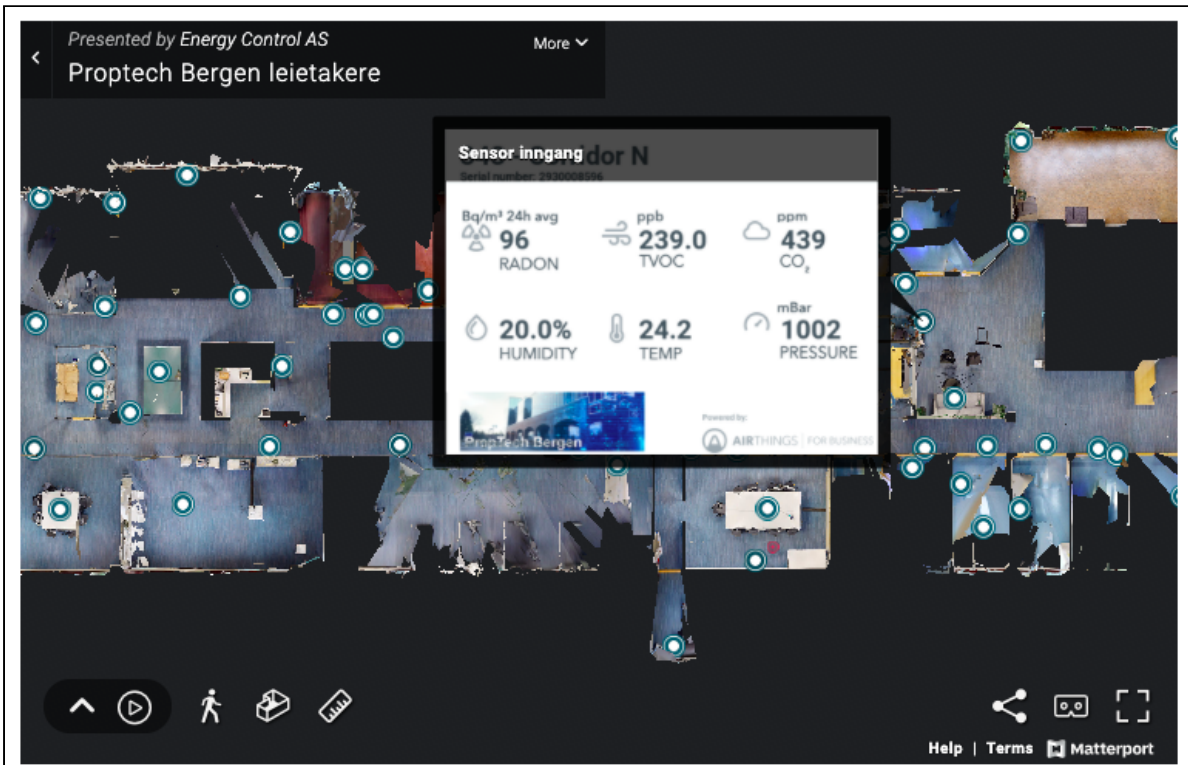


Figur 15 2D visning fra Matterport skanning

Energy-Control har beriket 3D-modellen med ytterligere informasjon. Figur 16 og 17 viser 3. etasje av Proptech bygningen der man ved å trykke på et rom får man vite romnavn, leietakerinformasjon, QR-kode for romreservasjoner og sensordata for luftkvaliteten.



Figur 16 2D visning booking



Figur 17 2D-visning informasjon fra sensorikk

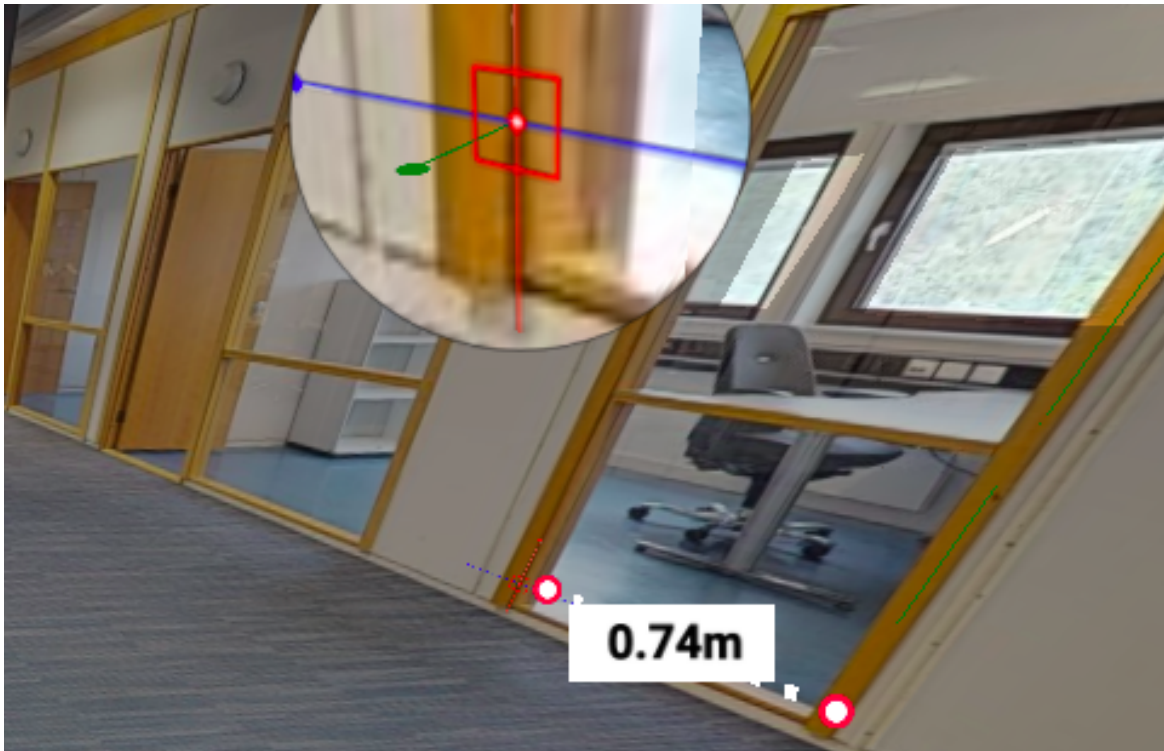
3D-turmodus gir visuell informasjon som gjør det mulig å se rommet i virtuell virkelighet og navigere ved bruk av tastaturet. En slik digital tvilling brukes i Proptech for å vise lokaler som skal leies ut.



Figur 18 3D-visning fra Matterport skanning

En digital modell reduserer behovet for fysiske befaringer, og denne muligheten har Energy-Control blant annet benyttet når de skulle ha en låsesmed til å endre låsen på utgangsdøren. Låsesmeden fikk tilsendt en direkte link til utgangspartiet og kunne slik forberede seg til jobben som om hen hadde vært på befaring i forkant [58].

Målemodus gjør det mulig å gjøre lengde-, høyde- og breddemål i 3D-modellen. Et eksempel på bruk av måleverktøy er vist i figur 19.



Figur 19 Målefunksjon i 3D visning

Modellen har i tillegg "DollHouse" modus, hvor man kan se alle de skannede etasjene av et bygg som en helhetsmodell. Dette gir slik en bedre forståelse av hvordan rommene er plassert i forhold til hverandre og deres størrelser.



Figur 20 DollHouse visning i Matterport skyen

4.1.2 NavVis M6

Vi deltok i skanneprosessen med NavVis M6 og fikk mulighet til å teste skanneren i praksis. Under skanneprosessen flyttet vi skanneren med periodiske stopp. Skanneren ga lydssignaler når den burde stoppes for å registrere skanningspunkter. På grunn av størrelsen, høyden og vekten på skanneren var det utfordrende å gå gjennom enkelte døråpninger, men ellers var styringen av skanneren ukomplisert.

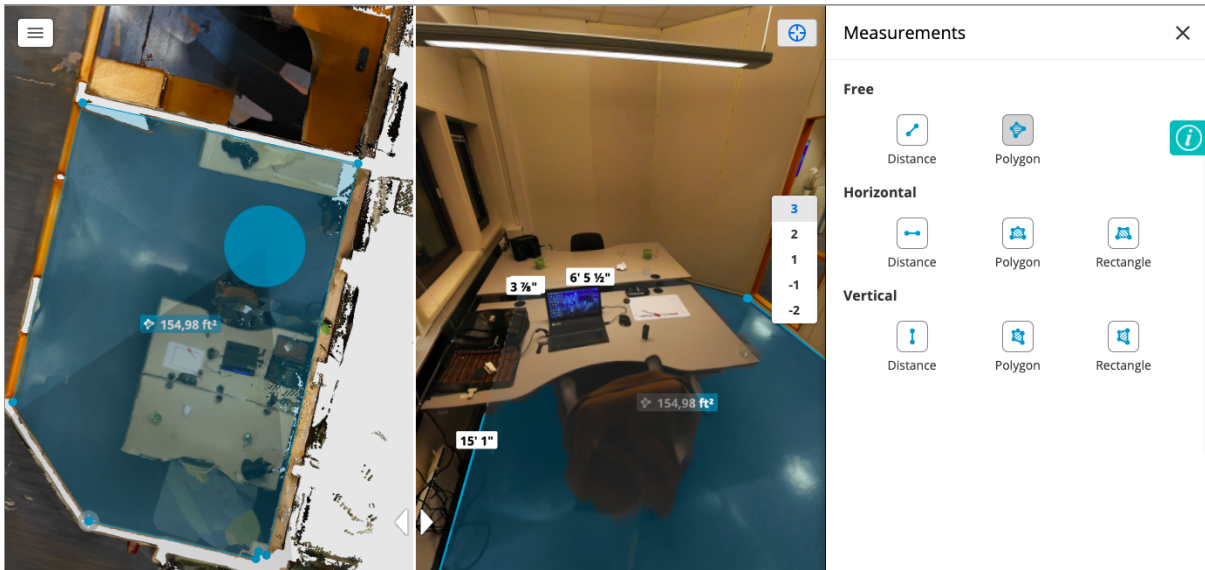
NavVis tilbyr en skybasert plattform hvor den skannede modellen lagres som punktsky og som en 3D-modell med panoramavisning [88]. Plattformen gjør det mulig å bevege seg rundt i den visuelle tvillingen. Kvalitet på bilde og navigasjonsprinsipp ligner mye på Google street view. Resultat fra skanning kan ses her:

<https://proptech-bergen-keychain.iv.navvis.com/?image=1395030207872494&vlon=4.31&vlat=-0.04&fov=100.0&site=1862086226581255>



Figur 21 3D-navigasjon i Proptech Bergen

Det er også her mulig å gjøre målinger av lengde, høyde samt måle polygoner i horisontal og vertikal retning som vist i Figur 22; Til venstre i bildet side kan man se modellen i 2D visning, 3D-visning i midten, og et panel med målefunksjoner på høyre side.



Figur 22 Målemodus funksjon

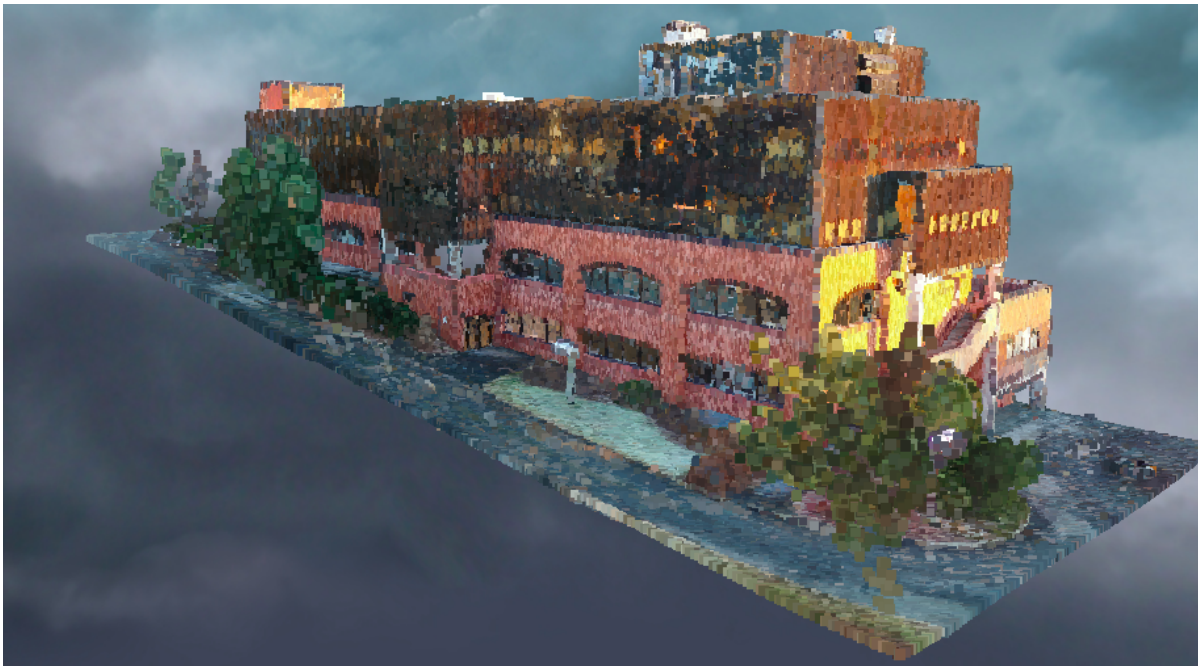
Utførte målinger kan bli delt ved bruk av en lenke eller en eksportere fil i pdf format.

Skannet ble brukt som et grunnlag for BIM-modellering av Proptech bygning i Revit program som skal vises i "To BIM" delen.

4.1.3 DJI Mavic2Pro

Fotogrammetrisk "skanning" av Kokstadflaten 4 ble utført av Joakim Haukedal fra Virtulab. Siden Kokstadflaten ligger nær Flesland var det nødvendig å sende søknad til Luftfartstilsynet for å få tillatelse for en dronflygning. For å forberede skanning med drone er det nødvendig å planlegge flyruten, etablere en basestasjon og registrere posisjonering. Kompleksiteten i konstruksjon, mye vegetasjon rundt objektet og glassfasader gjorde skanningsprosessen vanskeligere. For å fikse utfordringene, var det nødvendig å justere lyset på bildet og fly doble rutenett. Dronen fløy i to retninger som krysset hverandre med justert kameravinkel. Selve skanning tok ca. 15 minutter. Siden glassfasadene gir mye refleksjon, var det nødvendig å behandle skannede data og fjerne unødvendig "støy" fra modellen. [115]

Figur 23 viser behandlet punktskymodell.



Figur 23 Punktskymodell av Kokstadflaten 4 fanget med Mavic Dj2Pro

Modellen, kombinert med andre skannede data, ble brukt som et grunnlag for BIM-modellering av Proptech bygget.

4.1.4 iPhone/iPad

Kostnaden for bruk av applikasjoner med Iphone 12 Pro er beregnet per kvadratmeter. For å begrense kostnadene våre valgte vi å skanne et enkelt rom. Vi valgte entréen til Proptech Bergen, et rom med enkel utforming.

Matterport App

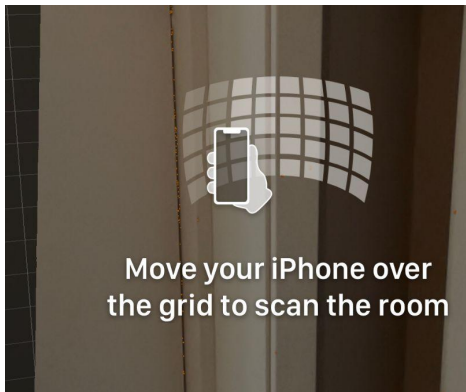
Skanneprosessen lignet på prosessen ved bruk av et Matterport kamera. Forskjellen var at et Matterport-kamera roterer automatisk, mens vi måtte snu iPhone-kameraet manuelt under skanneprosessen. Siden det var vanskelig å holde telefonen statisk uten å bruke ekstra tilbehør, måtte vi ha 3 forsøk for å oppnå samme kvalitet som ved skanning med 3D-kamera. Resultat fra iPhone skanning kan sees her:

<https://my.matterport.com/show/?m=pdLiXzvhaGq>



Figur 24 3D visning fra Matterport App skanning

Canvas App

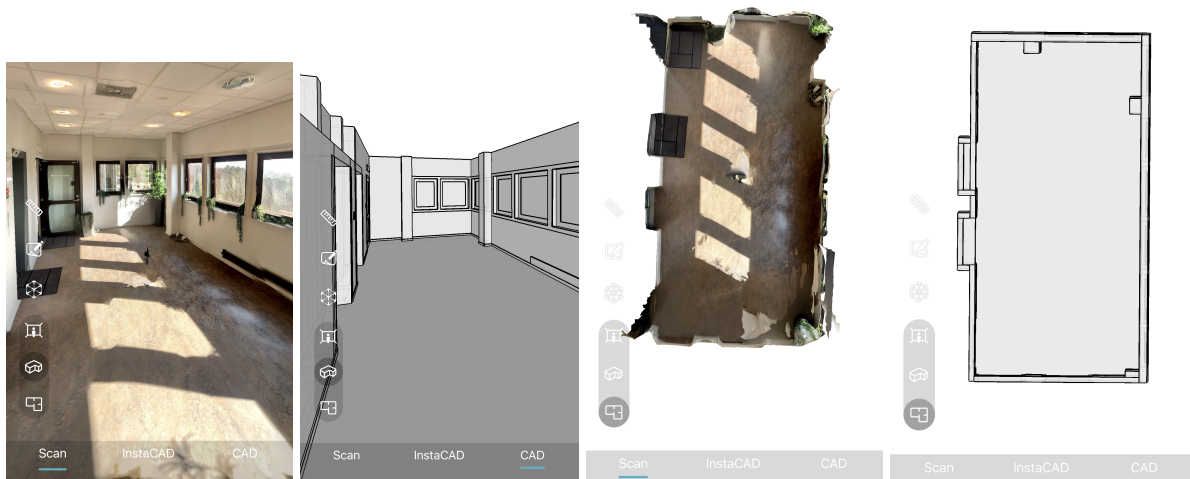


Proessen ved bruk av Canvas App var forholdsvis enkel; man beveger telefonen rundt i rommet som vist på Figur 25 . Under skanneprosessen viste applikasjonen feltet som skulle skannes og ga et signal hvis noen deler ikke ble skannet.

Figur 25 Viser skanneprosessen ved bruk av Canvas App

Skannerresultatet kan sees ved bruk av denne lenken: <https://canvas.io/viewer/MrLq2PwB>

Figur 26 viser skanningen i 2D, 3D, visning i VR modus og BIM-modell.



Figur 26: 1) 3D-tur modus; 2)3D-BIM; 3)Floorplan ; 4)2D visning BIM-modell

Polycam

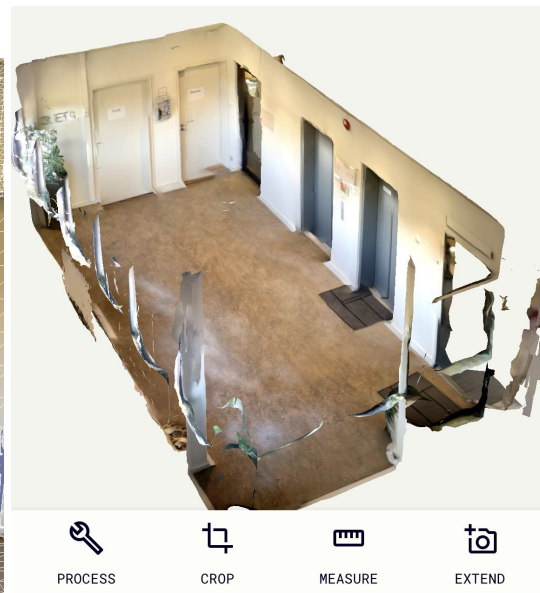
For å få høyest mulig kvalitet på skannet, måtte vi bevege oss rundt i rommet. Applikasjonen fremhevet deler som ikke var skannet i blått. Appen registrerer alle bevegelser og behandler deretter disse dataene automatisk. For å skanne et rom tok det 5-7 minutter.

Resultat fra skanning kan sees ved bruk av lenken:

<https://poly.com/capture/E2B326B6-5C80-40B8-8D21-121FEFD4B701>



Figur 27: Skannespross ved bruk av Polycam App



Figur 28: 3D-visning av skannet rom

4.1.5 To BIM



Figur 29 BIM-modell Kokstadflaten 4

I scan-to-BIM er "To-BIM" den mest tidkrevende delen av hele prosessen. De skannede dataene brukes som et utgangspunkt for bygningsmodellering i et tegneprogram. Før modelleringsprosess starter, må den skannede modellen behandles. Med behandling menes at det bør fjernes unødvendige støy og forenkling av modellen. [116]

I denne delen av oppgaven skal vi først fortelle om BIM-modelleringen som er utført på grunnlag av skanning med NavVis M6 og Mavic2Pro. Deretter vil vi vise behandlingsprosess av data som vi har fått ved bruk av iPhone.

For å få en punktskymodell av hele bygningen, kan all data fra interne og eksterne skanninger kombineres i en helhetlig modell. Dette gjøres ved å laste opp en lenke i .rcp eller .rct format til Revit. Siden den behandlingen av dataene er ganske tung, kan en av de eksterne lenkene deaktiveres for å forenkle modelleringsprosessen om det er nødvendig.

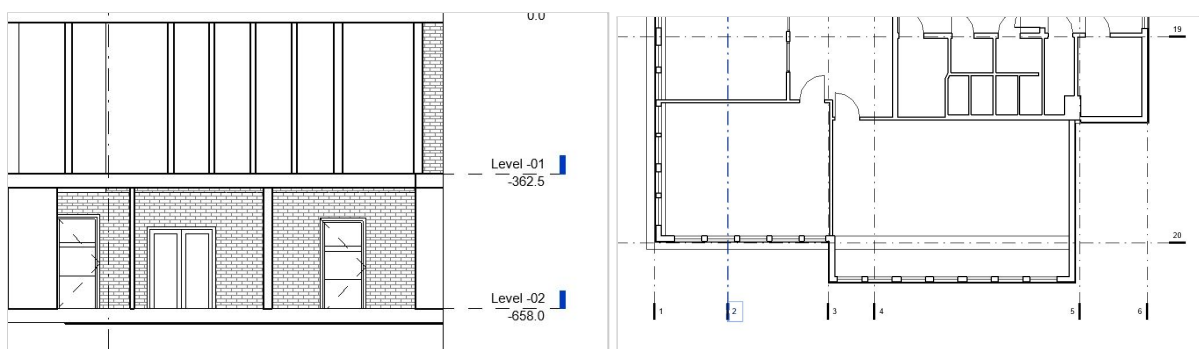
Modellering er en av de mest tidkrevende prosessene i scan-to-BIM siden alle detaljene i

modellen må defineres manuelt. Skanningen som ble gjort ved Proptech Bergen ble sendt til Warszawa, Polen hvor et arkitektkontor gjorde det manuelle arbeidet med å definere hvert enkelt element. Figurer 29 og 30 viser BIM-modellen som ble modellert med grunnlag på skannede data ved bruk av Matterport Pro2, NavVis M6, Dji Mavic2 Pro:



Figur 30 BIM-modell Kokstadflaten 4 LOD 200

Modellen representerer et LoD200 nivå og viser de generelle formene på de viktigste strukturelle elementene i bygningen, forenklete vinduer, dører, åpninger osv. Videre arbeid er å øke informasjonsmengden i modellen.

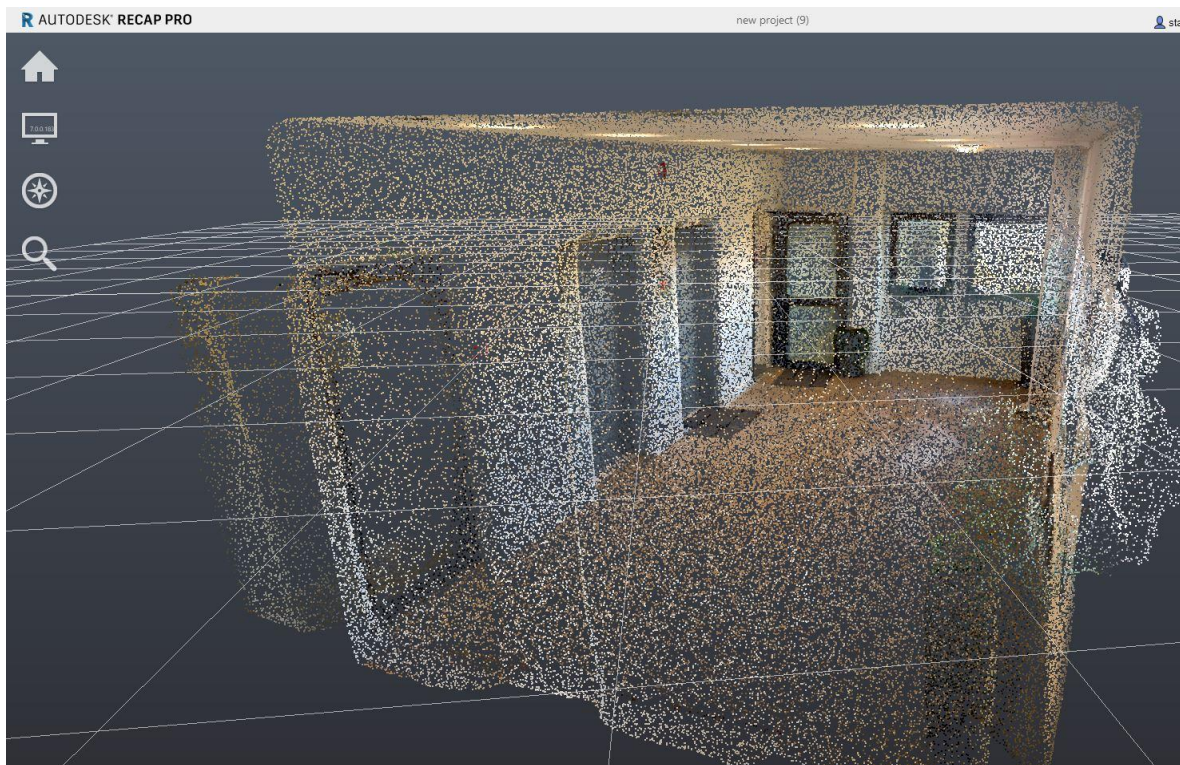


Figur 31 Snitt i BIM-modell

Siden vi ikke hadde direkte innsyn i behandlingen av de skannede dataene, bestemte vi oss for å prøve å behandle dataene selv for å se hvordan en mulig databehandling kan foregå.

Vi har valgt å bruke skannede data som vi har fått ved bruk av Polycam App. Valget av applikasjonen ble gjort tilfeldig siden eksporten av skannede modeller i alle applikasjoner var ganske likt.

Vi eksporterte punktskydata fra Polycam i .xyz format og åpnet filen i Autodesk RecapPro. Figur 32 viser punktsky modell i .xyz format.



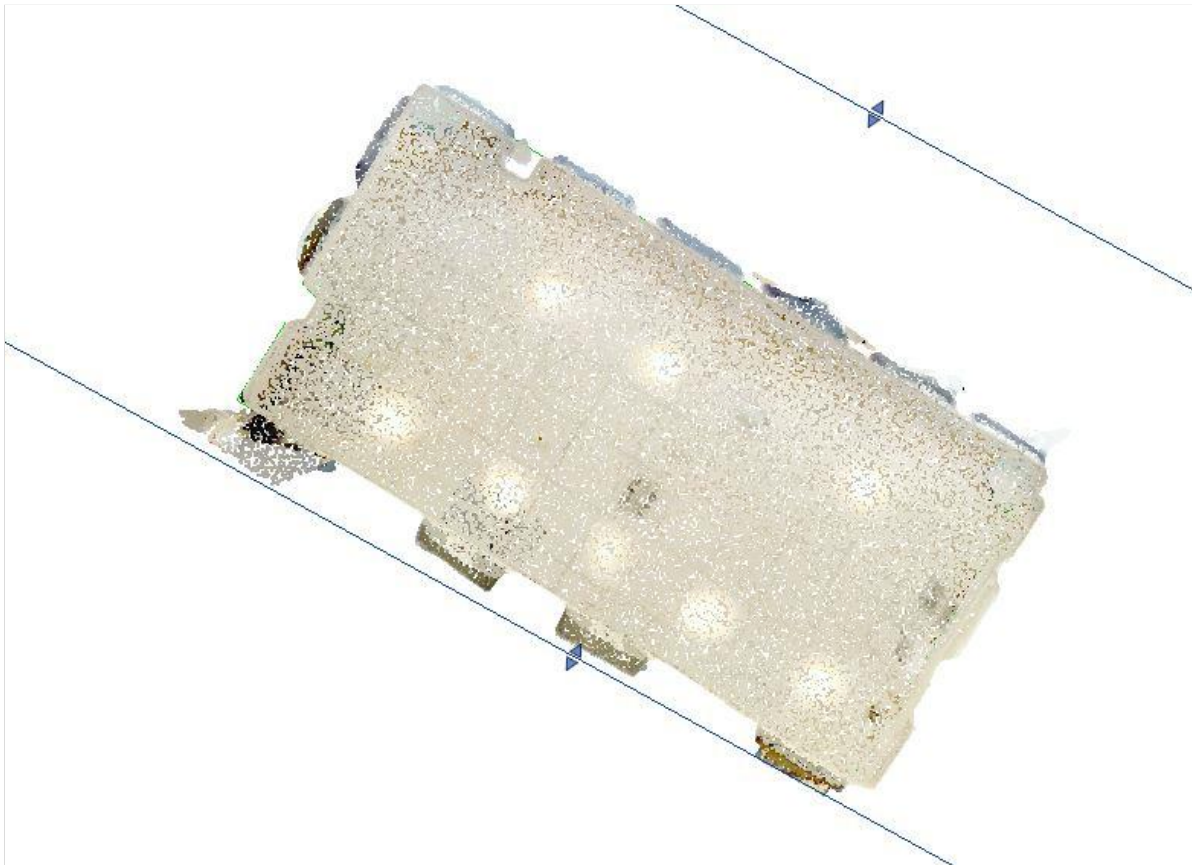
Figur 32 Punktskymodell i .xyz format

Refleksjon fra vindu og glassdører skapte støy i modellen og ble fjernet ved bruk av trimmefunksjonen i samme program.

Etter databehandling og forenkling av modellen, konverterte vi filen til .rcp format som er et lesbart punktsky-format for Revit. Deretter koblet vi punktskymodellen til Revit som en lenke. Figur 33 viser punktskymodell i Revit 3D og 2D visning.



Figur 33 3D Punktsky modell i Revit



Figur 34 Floorplan Punktsky modell i Revit

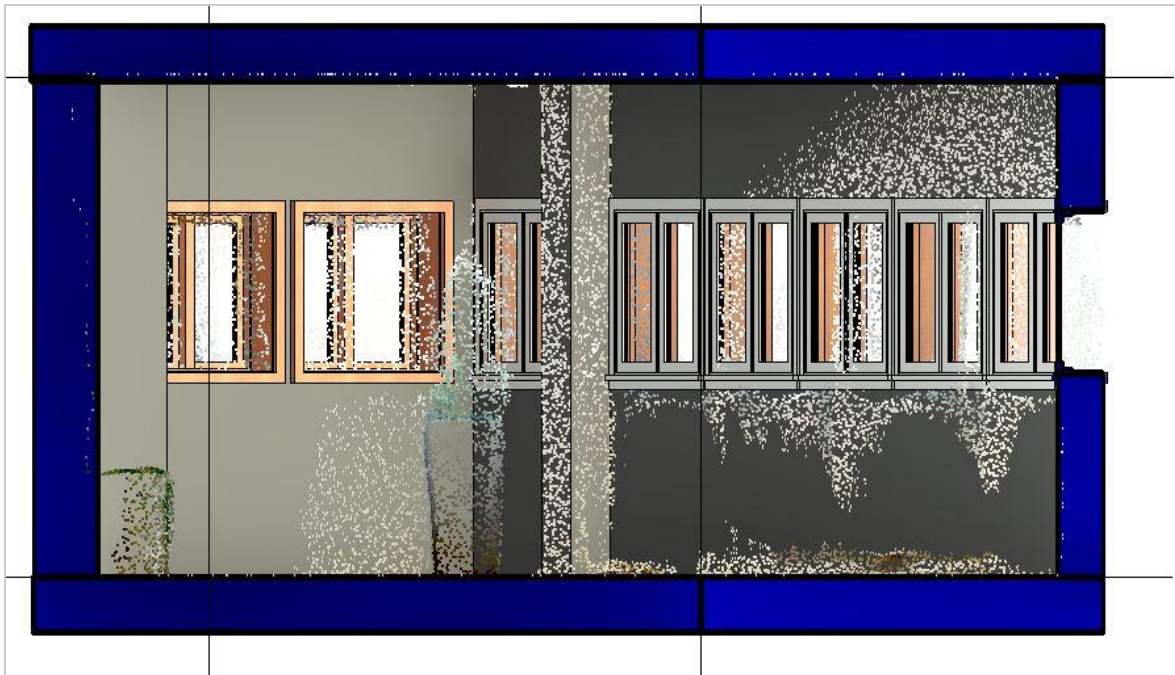
Denne punktskymodellen kan brukes som et grunnlag for videre modellering i BIM-programmer. Modellering og definering av egenskaper til bygningsdelene ble utført

manuelt i Revit. Modellen representerer geometriske elementer med tilnærmet dimensjoner, form, romlig posisjon og orientering. Figur 35, 36 og 37 viser resultat av modellering i 2D og 3D-visning med og uten overført punktskymodell.



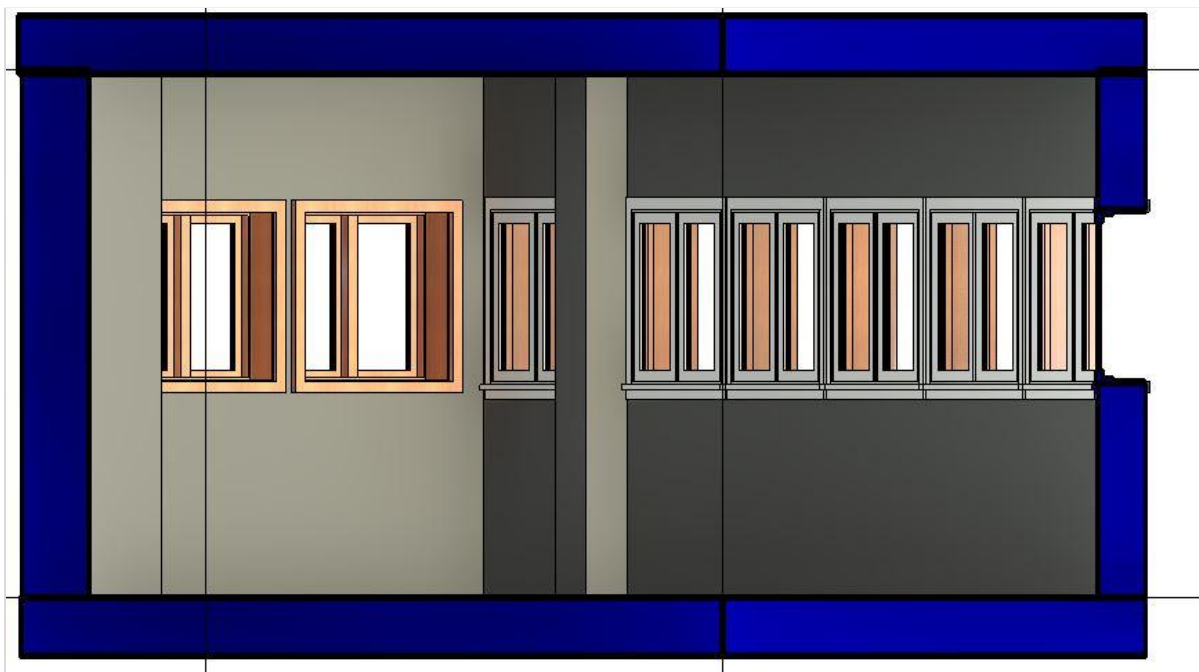
Figur 35 2D Modelleringsprosess i Revit på grunnlag av punktskydata

For modelleringen ble det brukt Revit tegneverktøy og alle dimensjoner ble justert etter skyens punkter.



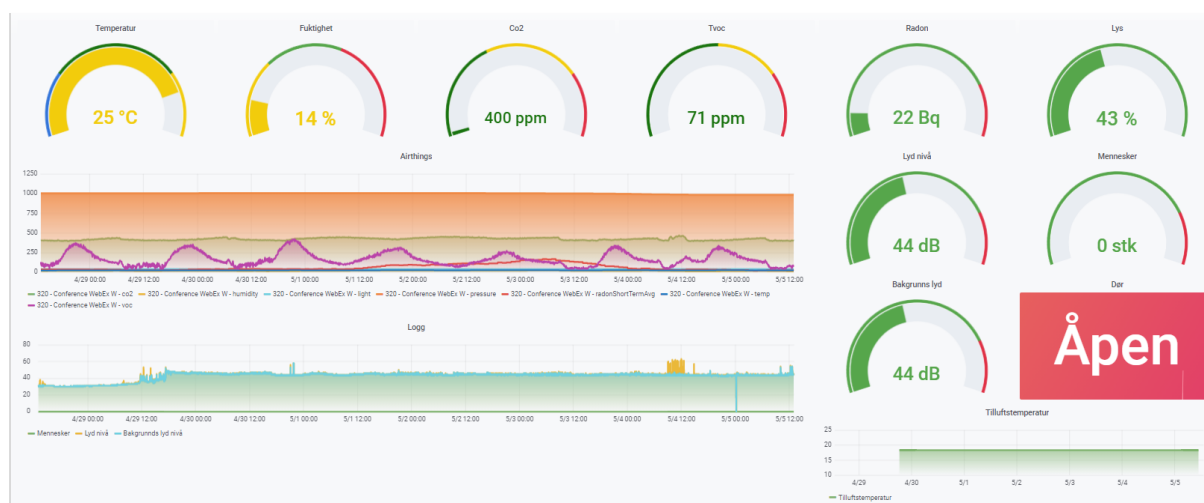
Figur 36 3D-visning i Revit med overført punktskymodell

Figur 37 viser sluttresultatet av objektmodellering. Modellen inneholder omtrentlig informasjon om formen og størrelsen på bygningsdelene.



Figur 37 3D-visning i Revit med fjernet punktskymodell.

4.2 Bruk av data fra sensorikk



Figur 38 Instrumentpanel med inneklima-data [117]

Data fra sensorikk er brukt til å diagnostisere Proptech Bergen og vurdere potensielle tiltak for å utbedre inneklima, energiforbruk, mm. Det har gitt Energy-Control god oversikt over byggets "helse"[58].

Her vil vi presentere resultatene som er oppnådd ved Proptech Bergen og se hvordan de har brukt denne eiendomsteknologien til å diagnostisere og styre bygget.

4.2.1 Diagnostisering av bygget med Airthings

Da Energy-Control flyttet inn på Kokstadflaten 4 mistenkte de blant annet feil på VVS systemet på grunn av klager rundt inneklimaet fra tidligere leietakere. Feilsøking på et eldre VVS anlegg i et stort kontorbygg kan være kostbart og ta lang tid [58]. Energy-Control valgte i stedet å forsøke å diagnostisere bygget med sensorikk [58]. Ved å montere rundt 35 luftkvalitetsmonitører fra Airthings, noe som dekket alle rommene i 3. etg, kunne de monitorere inneklimaet og oppdage problemsoner [58]. Montering av sensorene var unnagjort på så kort tid at kostnadene for dette i vesentlig grad begrenset seg til innkjøpsprisen av sensorene [58][61]. Den videre innhenting av nødvendige data gjorde da sensorikken.

Ved hjelp av sensorikkdata kunne de fokusere den videre utbedringen av VVS-anlegget der hvor det beviselig var feil på systemet, og slik spare de store summene for en komplett feilsøking "i blinde". Selv om VVS-anlegget var i full drift, oppdaget de områder som skilte seg ut med feil temperatur og CO₂-nivåer. Blant annet oppdaget de feil på flere ventilasjonsspjeld som var direkte årsak til dårlig ventilasjon i enkelte rom. Kostnader knyttet til sensorikken ble ifølge Energy-Control spart inn i løpet av en måneds tid sammenlignet med tradisjonell feilsøking [58].

Monitorene fra Airthings kan demonteres like lett som de settes opp. De kan flyttes til en annen etasje eller annet bygg for å gjøre samme jobben der, eller som på Proptech Bergen; integreres i styringen av bygget [56][58].

Etter å ha utført nødvendig vedlikehold på VVS-anlegget såg Energy-Control at temperaturen i bygget var unødvendig høy når det ikke var folk i bygget. Ved å senke temperaturen fire grader i bygget på natt og helg unngikk de å sløse unødvendig mye energi. Energy-Control mener de kan ha spart opp mot 20% på dette ene tiltaket, avhengig av hvilke beregninger man ser på [58] [118].

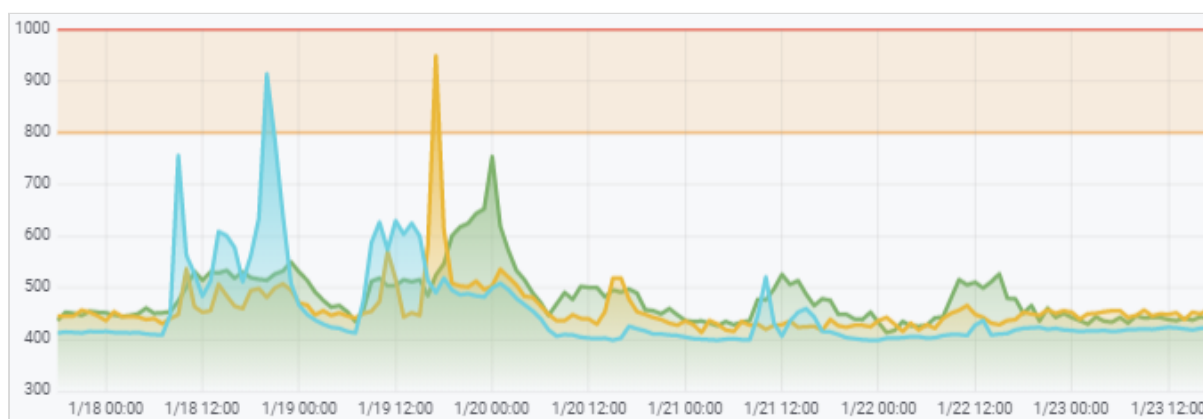
4.2.2 Styring etter fasit.

Ved hjelp av eiendomsteknologi kan man overvåke bygningens helse. Ved Proptech Bergen har Energy-Control oversikt over blant annet; mennesketelling, inneklima, status på ventilasjon og energiforbruk gjennom deres dashboard. Ved hjelp av denne dataen kan man styre bygget etter behov og unngå energisløsing [58] [119].

Etter mindre, men målrettede tiltak for å bedre ventilasjonen og spare energi på Proptech Bergen, kunne fokuset rettes mot en mer effektiv styring. De eksisterende enkle ventilasjonsspjeldene ble erstattet med regulerbare spjeld som blir styrt av informasjonen fra sensorikken. Energy-Control lyktes slik med å integrere data fra Airthings i byggets

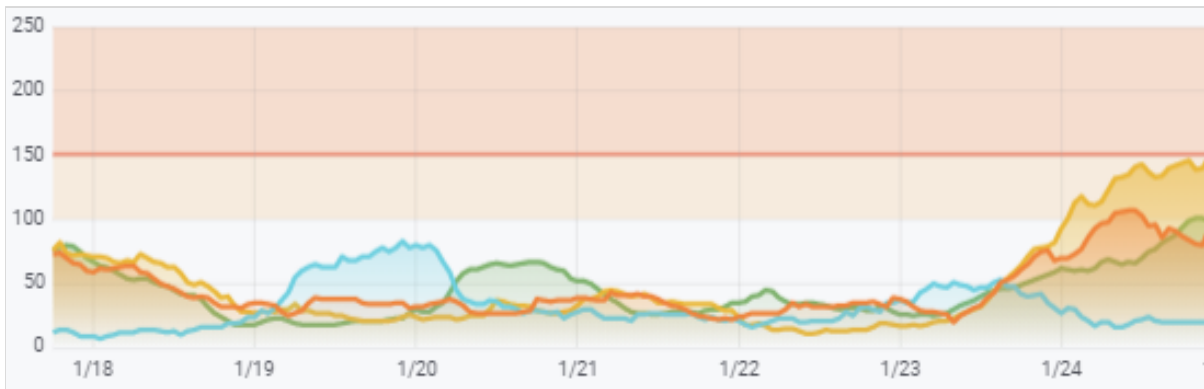
eksisterende driftssystem, og kan nå bruke sanntidsdata til å styre luften der den behøves [58] [119].

“Natt og helg” kan driftsteknisk defineres som den tiden det ikke er personer i bygget, og Energy-Control bruker CO₂ som en faktor for å definere dette tidsrommet. Figur 39 viser CO₂-målingene i tre rom fra søndag 17.01 til lørdag 23.01 2021. Mandag og tirsdag den uken var blant annet Miris til stede på Proptech Bergen for å skanne bygget med sitt utstyr. Man ser tydelig at CO₂-nivået for disse dagene øker i takt med belastningen sammenlignet med resten av uken, samt helgen før og etter. Grafen viser også hvilket konferanserom som ble brukt til møter (blå og gul graf er fra to forskjellige konferanserom), og at det var folk på kontoret til Energy-Control ganske seint på tirsdagskvelden (Grønn graf).



Figur 39 CO₂ Nivåer [117]

Sensorikken fra Airthings gir også fortløpende informasjon om radonnivået, noe som eliminerer behovet for de tradisjonelle målingene gjort i høysesongen. Dette medfører en vesentlig bedre kontroll på nivået, og fjerner usikkerheten som ligger i den mer tradisjonelle metoden. Figur 40 viser radonnivåene for fire rom på Proptech Bergen den samme uken som CO₂ grafen viser. Vi ser også hvordan radonnivået øker når det er helg og ventilasjonsanlegget skrus ned/av.



Figur 40 Radonnivå for fire rom på Proptech Bergen [117]

Bachelorgruppen har selv opplevd hvordan det behovsstyrte ventilasjonsanlegget på Proptech Bergen fungerer når vi har hatt kontor plass på Proptech Bergen; kontoret som har stått tomt i flere uker før vi kom inn, hadde det vi subjektivt vil kalle for “middels dårlig luft”. I løpet av 10 minutter var luftkvaliteten derimot meget god, uten at vi eller andre hadde justert på noe. Dette er et direkte resultat av blant annet:

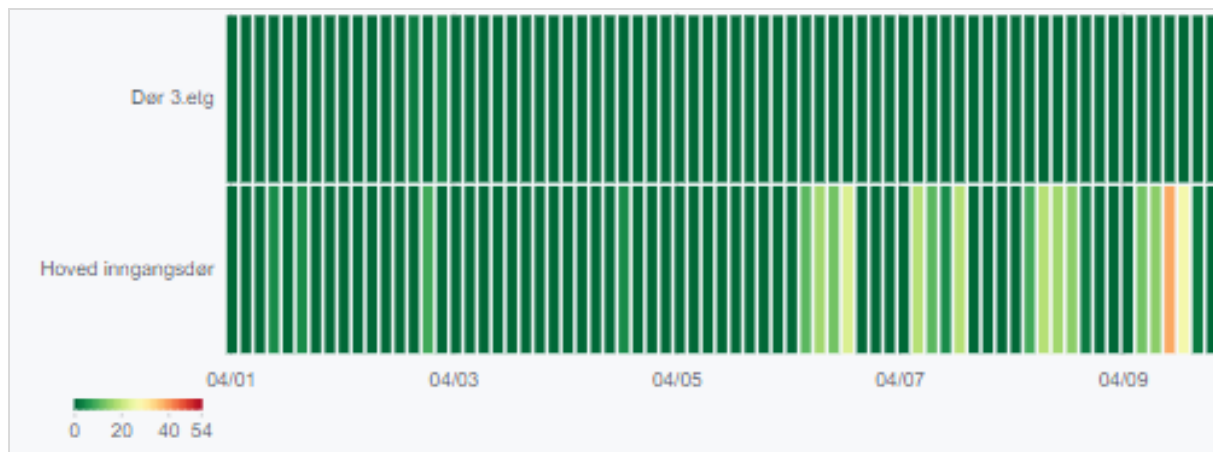
- Bevegelsessensor/mennesketelling som avgjør hvorvidt rommet er i bruk eller ikke.
- Diagnostisering av bygget med fokus på hvordan radonnivåene varierer, synliggjør hvilken minimumsventilasjon (om noe) som er nødvendig utenom arbeidstid, for å sikre lavt radonnivå i arbeidstiden.
- Regulerbare ventilasjonsspjeld (VAV) muliggjør en styring man ellers ikke har tilgang på i eldre CAV-anlegg.
- Sanntidsdata og loggføring av relativ fuktighet og temperatur tillater å minimere eller slå av ventilasjonen i et rom som ikke er i bruk uten å miste kontroll over risikoen for muggvekst og fuktskader.
- CO₂-nivået dikterer økt ventilasjonsbehov for det aktuelle rommet og sikrer et behagelig inn klima når det er i bruk.

Tommy Hagenes trekker frem at disse utbedringene var mulig å gjøre mens bygget var åpent for leietakere. I verste fall måtte noen bytte kontor midlertidig, men Energy-Control har lyktes i praksis å oppgradere et eldre CAV-anlegg til noe som nærmer seg et moderne behovsstyrt ventilasjonssystem (VAV/DCV) uten å måtte stenge bygget og gå glipp av leieinntekter [119] [118] .

4.2.3 Disruptive Technologies minisensorer.

Energy-Control har montert rundt 300 minisensorer fra Disruptive Technologies på Proptech Bergen. Dette er blant annet nærhet-, temperatur-, vann-, og trykk-sensorer.

Nærhetssensorer er for eksempel brukt i dørkarmer for å få data om bruksmønsteret til leietakerne. Figur 41 viser hvor mange ganger to dører er åpnet fra torsdag 1. april til lørdag 10 april [58][119].



Figur 41 Bruksmønster [117]

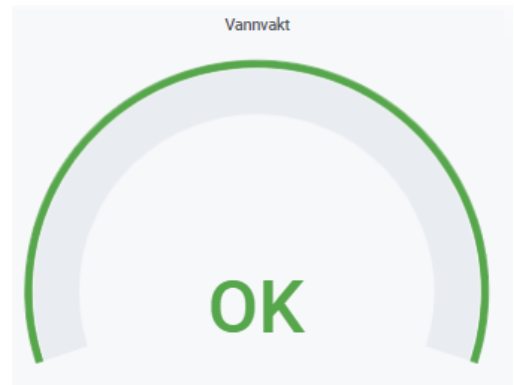


På toalettet er det montert trykkfølsomme sensorer som brukerne kan benytte til å varsle om rengjøringsbehov. Tilsvarende er montert ved såpedispenser og papirholder. Når brukeren trykker på sensoren får driftsansvarlig varslingsom hvilke sensor som er aktivert og kan dermed fylle på med eksempelvis såpe eller papir etter behov [120].

Figur 42 DT-sensor brukt til rengjøring etter behov [120]

På tekniske rom ved fare for lekkasje er det montert vanddetektor, og de dørene som man vil vite om er åpen eller lukket har nærhetssensor i dørkarmen.

Temperaturmålere montert direkte på vannrør gir ved hjelp av en algoritme for legionella-risiko et varsel dersom det skulle oppstå behov for å flushe rørene i forbindelse med dette [58][120].



Figur 43 Dør, Legionella og vannlekkasje [117]

5 Diskusjon

I denne delen av oppgaven vil vi diskutere oppnådde resultater, utfordringer, ulemper og mulig arbeid for videre undersøkelser.

5.1 Digitalisering av eksisterende bygninger

Som vi kan se i Figur 13 og Figur 14 varierer kostnadene for enheter og skylagringstjenester for skannede modeller mye. Derfor avhenger valget av plattform og enheter direkte av kravene til prosjektet og det planlagte budsjettet. Dersom den digitale modellen kun krever visualisering, uten høy presisjon og koordinatdata, kan det være nok å bruke for eksempel et Matterport-kamera eller til og med en iPhone. En slik modell, som nevnt, og demonstrert i resultater, kan deles ved hjelp av en lenke og brukes til digital visning, for eksempel for potensielle leietakere, visuell inspeksjon og befarings. Vi ser også nå i koronapandemien at det ikke alltid er mulig å gjennomføre visninger eller befarings på grunn av smitteverntiltak, og opplever at en linkbar 3D-modell løser en del av utfordringene knyttet til dette.

I begynnelsen var vi skeptiske til å bruke telefonen som skanner, men vi ble overrasket over kvaliteten og hastigheten på skanningen. Til tross for at utviklerne hevder at iPhone 12 Pro har en høy nøyaktighet med skanning, kan vi ikke si hvorvidt dette er sant, siden vi ikke hadde muligheten til å utføre mer detaljert testing på dette. 3D-modellen fra iPhone 12 Pro for ett rom på Proptech Bergen vurderes av bachelorgruppen til å være fullt brukbar til visuelle formål, men vi har ikke kontrollert mål, og heller ikke prøvd å skanne et større område. Grunnen for å inkludere iPhone i denne oppgaven har vært å synliggjøre utviklingen av slik teknologi. Det er tydelig at slik teknologi blir mer og mer tilgjengelig, og det kan antas at både kvaliteten og tilgjengeligheten vil fortsettes å øke i fremtiden.

BIM-modellen av Proptech Bergen ble modellert på grunnlag av data innhentet ved bruk av NavVis M6 og Dji2Pro. Ved bruk av NavVis M6 skanner ble det oppnådd høy kvalitet for punktsky modellen. Når det gjelder kostnader relatert til utstyr vurderes NavVis som en dyr

leverandør, og teknologien er slikt sett mindre tilgjengelig. Dersom etterspørselen etter digitalisering av eksisterende bygninger øker, kan vi anta at kostnadene for utstyret minker. Økning i etterspørselen vil også kunne føre til systematisering, standardisering og utvikling av nye programvarer som kan tilrettelegge hele digitaliseringsprosessen.

Den modellerte Proptech-modellen inneholder LoD200 modenhetsgrad med grafisk informasjon og kan da brukes til et forprosjekt. Ved eventuelle tiltak kan modellen brukes til å estimere kostnader basert på arealer og volumer; for eksempel kan modellen brukes til mengdeberegning av materialbruk til rehabiliteringen av bygget. For å bringe denne modellen til nivå "As-Built" kreves det mye mer informasjon og detaljering, blant annet tekniske anlegg som el og VVS i tillegg til teknisk informasjon for de forskjellige bygningsdelene. En "As-Built" modell åpner muligheter for gjenbruk, gjenvinning og energisimuleringer som kan bidra til å gjøre bygget enda mer energieffektivt. Men en slik modelleringsprosess er tidkrevende og kostbar, og begrenser slik scan-to-BIM sitt potensiale for eksisterende bygninger. [123]

Områder for videre forskning:

Områder som ikke ble vurdert i denne oppgaven kan sees på som en mulighet for videre undersøkelser. Blant annet; å teste modellen i kombinasjon med sensorikk for å visualisere hvordan sensorikk kan påvirke inneklima av bygningen eller vurdere den økonomiske komponenten ved bruk av eiendomsteknologien.

Vi ville gjerne bruke BIM-modellen av Proptech bygget til å gjøre analytiske vurderinger som energisimulering, men modellen var på nåværende tidspunkt ikke brukendes for dette formålet.

5.2 Bruk av sensorikk

Case-studiet har tatt for seg en kontorbygning som har stått tomt i flere år før Energy-Control flyttet inn. Problemene med ventilasjonen kan tyde på at prislappen for en tradisjonell feilsøking med påfølgende reparasjon, ikke fremsto som lønnsomt for et eldre bygg med flere utfordringer enn bare inneklimate. Fra intervjuene med Energy-Control virker det hevet over enhver tvil at deres metode og teknologi reduserte kostnadene forbundet med dette, men uten å sammenligne med en tilsvarende jobb gjort på tradisjonell metode av fagfolk er det vanskelig å konkludere. Resultatene troverdighet preges av mangel på tall og dokumentasjon knyttet til en eventuell reduksjon i energiforbruk før og etter implementeringen av denne teknologien. Vi skulle gjerne hatt to grafer vi kunne satt over hverandre og sammenlignet konkrete resultater, vi har etterspurt slike tall men har forstått det slik at det er vanskelig for Energy-Control å få tak i denne dokumentasjonen [59]. Bygget på Kokstad har stått tomt i en lang periode før Energy-Control flyttet inn, og på grunn av koronapandemien har bygget vært lite belastet og det er i hovedsak kun tredje etasje som er i bruk i dag [120].

Tommy Hagenes er en person med lang relevant erfaring, fra fagbrevskompetanse innen automasjon, til ledererfaring innen forvaltning og drift av næringsbygg, nesten 10 år som byggherre, samt styremedlem i NORSK VVS Energi- og Miljøteknisk forening (avdeling Bergen). Hagenes fremstår for bachelorgruppen som en svært troverdig kilde. Det må likevel nevnes at Hagenes også er forretningsutvikler for Airthings, derfor kan man ikke utelukke en viss bias. [121]

Sensorikken som er presentert i denne rapporten er i dag hyllevare. Muligheten for enhver byggherre til å innhente sanntidsdata om inneklimate, og bruke mini-sensorer fra DT er derfor bare begrenset av salgsprisen. Implementering av sensoriske data i den automatiserte styringen av et eldre bygg krever derimot tilsynelatende både kunnskap og mye arbeid. Energy-Control har lyktes med dette, men ut ifra det bachelorgruppen har klart å finne ut så eksisterer det ikke et etablert metodesett for å oppgradere driften av eldre bygninger slik

som det er gjort på Proptech Bergen. Energy-Control sin forretningsmodell fokuserer fortsatt på å gi andre byggherrer innsikt, uten å gå videre til den automatiserte styringen [58].

Frem til metodesettet for bruk og integrering av sensoriske data er fullt utviklet, samt tilgjengelig og ikke minst synlig for byggherrer av eldre bygg, bør diskusjonen om potensialet til denne teknologien deles i to:

1. Bruk av sensorikk for seg selv.
2. Bruk og implementering av sensoriske data i styring av bygget

Fra informasjonen Airthings monitorene gir tilgang på, og resultatene på Proptech Bergen, kan man legge til grunn at sensorikken umiddelbart kan gi muligheter for besparelser ved følgende punkter:

- Temperaturmålingene viser om bygget har unødvendig høy temperatur.
- Kontinuerlig radonmåling fjerner usikkerheten fra den tradisjonelle metoden. Behovet for å overkompensere med ekstra ventilasjon forsvinner.
- Problemområder med høy CO₂ kan indikere hvor et vedlikehold av ventilasjonsanlegget kan begynne. Bedrer kost/nytte av vedlikeholdet.
- Relativ luftfuktighet kan belyse områder/rom som er i risikozonen for muggvekst. Besparelsen ved å unngå mugg, eller avsløre det i et tidlig stadium kan være betydelig.

Hvorvidt en byggherre har bruk for denne dataen nå, vil følgelig avhenge av byggets eksisterende drift og tilstand. Et bygg uten problemer med radon og "ok" opplevd inneklime, vil ikke nødvendigvis få like stor direkte nytte av omfattende luftkvalitetsmonitører. Temperatur kan måles med billigere verktøy, og en byggherre som er bevisst på energiforbruket kan gjerne oppnå gode besparelser uten å kjøpe inn Airthings. Det er dog ikke gitt at et "ok" inneklime betyr at systemet fungerer som det skal; Dersom brukerne er vant med å åpne vinduer, eller ha dørene inn til kontorer åpne, kan det tenkes at der er feil på ventilasjonssystemet som blir skjult av brukernes tilvente adferd.

Selv uten feil på systemene i dag, så vil luftkvalitetssensorer kunne registrere feil/avvik den dagen det oppstår. Verdien i å oppdage feil tidlig er vanskelig å anslå, men sett opp i mot prisnivået for sensorikken kan det antas at selv små feil og mangler som ellers ikke ville blitt oppdaget før etter lang tid, kan gjøre innkjøpet lønnsomt. En viktig forutsetning for å oppdage avvik er at informasjonen blir fulgt opp, men kunnskapen og interessen hos dagens byggherrer for analysing av slik informasjon antas å variere. Dersom teknologien blir populær så kan man tenke seg at det dukker opp standardiserte metoder for analyse og bruk av data som forenkler dette, da senkes terskelen for å ta slik sensorikk i bruk, selv i bygg uten tydelige problemer. Daniel Westervik i Energy-Control trekker frem at de blant annet hjelper til med å trekke ut kvartalsmessige rapporter fra den innsamlede informasjonen, men at informasjonen er lettere å bruke dersom man har et bestemt problem man vil løse [58].

Et bygg med høye forekomster av radon, og som bruker økt ventilasjon gjennom hele året som et tiltak, vil kunne spare energi ved å overvåke radonnivået med en monitor fra Airthings. Selv uten muligheter for å styre ventilasjonen automatisk basert på sensorikken, vil bare det å justere ned ventilasjonen for sommerhalvåret gi et mindre energiforbruk. Problemer med radon kan slik rettferdiggjøre hele innkjøpet av sensorikken, samtidig som potensialet for ytterligere besparelser blir tilgjengelig for byggherren.

Mulighetene som er demonstrert på Proptech Bergen ved bruk av sensorikk for å diagnostisere bygget, kan også gjøre teknologien aktuell for firmaer som yter service og vedlikehold på VVS. Ved å overlate arbeidstimene med diagnosering til sensorikken, og bruke fagfolk til å analysere dataene, kan det tenkes at det er mulig å gi et tilpasset vedlikehold og oppgradering av anlegget til en lavere pris enn Energy-Control ble forespeilet.

Kontorbygget Proptech Bergen var planlagt å rives før Tommy fikk overtalt byggherren. Bygget sto tomt, det var lite attraktivt for nye leietakere, det tekniske systemet klarte ikke å levere godt inn klima og bygget hadde problemer med vannlekkasjer gjennom fasaden. For dette bygget ser vi at en rehabilitering av fasaden, og en oppgradering av hvordan bygningen styres, har gitt bygget nytt liv og er i dag blitt et attraktivt bygg som tiltrekker nye leietakere [122].

Disruptive Technologies sin vannsensor er kanskje den sensoren som har det tydeligste potensialet til å bli høyt verdsatt den dagen en feil oppstår. Verdien av å oppdage en vannlekkasje umiddelbart, og ikke når det drypper ned på de i underetasjen, må kunne sies å være betydelig. Temperaturmålere montert direkte på pumper, vannrør, før og etter varmegjenvinner og lignende er også muligheter som gir en form for kontinuerlig inspeksjon av de ulike elementene.

Minisensorene på Kokstadflaten 4 er også brukt for å kartlegge behovet for rengjøring. Dette åpner muligheten for å utføre renhold etter behov, i stedet for frekvens. Energy-Control ser også på mulighetene for dybdesensor i søppelbøtter og containere. De jobber nå i lag med Norsk Gjenvinning for å få på plass en avtale hvor NG får betalt i kg eller tonn, i stedet for per tømning. Dette fører på sett og vis til en mer bærekraftig drifting av bygget, hvor ressursene blir brukt etter behov og ikke på frekvens. [58]

Uten tiltakene og oppgraderingen Energy-Control har gjort på Kokstadflaten, er det naturlig å tenke seg at luften i rommene som ikke er i bruk ville hatt normal, konstant ventilering så lenge ventilasjonen var på (gitt et fungerende CAV-anlegg uten feil). Energibesparelsen som er oppnådd ved å kunne gå ned i total luftmengde siden tomme rom ikke "stjeler" av luftmengden antas å være betydelig, og ikke minst; *skalerbar* for andre bygg.

6 Konklusjon

I denne delen av oppgaven vil vi konkludere om eiendomsteknologien som ble brukt på Protech Bergen kan svare på problemstillingen:

Har eiendomsteknologi potensiale for å gjøre eksisterende bygninger mer bærekraftig?

Gjennom forskningsarbeidet som er gjort i oppgaven, samt case-studiet av Proptech Bergen har vi gjort oss noen tanker om hvorvidt eiendomsteknologi har et potensiale til å gjøre bygninger mer bærekraftig:

Aspekter og bruksområder ved eiendomsteknologi som vi mener kan gjøre eksisterende bygninger mer bærekraftige:

- Ved bruk av luftkvalitetsmonitører kan driftsansvarlig “styre etter fasit”. Ved å styre ventilasjonen etter behov, kan energiforbruket reduseres betraktelig. Vi mener at her er det et stort potensiale, særlig for bygninger som i dag bruker eldre ventilasjonsanlegg som kan modifiseres slik det er gjort på Proptech Bergen.
- Ved bruk av eiendomsteknologi kan man få bedre oversikt over inneklima og bruksmønster. Dette kan avdekke unødvendig forbruk, for eksempel renhold eller full ventilering av rom som ikke er i bruk.
- Sanntidsmåling av radon og relativ luftfuktighet gir muligheter for å redusere ventilasjonen, spesielt i rom/etasjer som ikke er i bruk, uten å miste kontroll over radonnivået eller risikoen for muggvekst.
- Ved bruk av mini-sensorer som Disruptive Technologies har utviklet kan deler av driften som renhold og etterfylling av såpe/papir o.l. styres etter behov og ikke på frekvens. Dette gir en mer effektiv forvaltning av arbeidsressurser.

- En komplett “As-Built” BIM-modell som inneholder riktig informasjon av detaljer og tekniske kvaliteter kan brukes til svært mye. For eksempel energisimulering. Det kan også gi bedre oversikt for gjenbruk og gjenvinning dersom bygget skal rehabiliteres eller rives.
- En 3D-modell av en bygning kan brukes til befaringer, visning, utleie mm. Dette reduserer behovet for å reise til og fra bygningen.
- Kokstadflaten 4 var et bygg som sto tomt og uten leietakere. Etter Energy-Control og Tommy tok over og gjorde bygget “smart”, økte forespørselen av leietakere som ønsket å leie lokaler der. En bygning som er fylt med leietakere minsker trolig sannsynligheten for at byggherre ønsker å rive bygget siden et fullt utleid bygg er lønnsomt. Det skal dog sies at Proptech Bergen kan ha vært en anomali. Bygget har ikke nødvendigvis fått nye leietakere på grunn av bedre styring og inneklima i bygget, men fordi selskaper ønsker å sitte på et sted som er “hipt” og der det “skjer mye spennende”.

Vi har også gjort oss noen tanker om utfordringer knyttet til eiendomsteknologi:

- Dataene som samles i dashbordet til Energy-Control gir muligheter for en form for overvåking av brukerne av bygget. Overvåking av når dører åpnes og lukkes, samt CO2-nivå, indikerer hvor lenge folk har vært i bygget eller på kontorene sine. Hvorvidt dette kan være et brudd på personvern har vi ikke vurdert. Det finnes muligens etiske spørsmål knyttet til overvåking og lagring av slik data.
- Potensialet for scan-to-BIM hindres av informasjonsmengden. Jo mer komplisert modell, desto mer ressurskrevende er det å modellere den. Dette reduserer potensialet til scan-to-BIM som løsning for eksisterende bygninger. Kostnadene og tiden som brukes på modellering, etter vår mening, er relativt små i forhold til mulighetene modellen gir i et levetidsperspektiv (50-100-150 år?). Fra et økonomisk

perspektiv bør dagens teknologi uansett utvikles og standardiseres for å bli mindre ressurskrevende å implementere.

Når man lager en 3D-modell for visualisering og overføring av enkel informasjon, er det ikke alltid behov for å bruke komplekst og kostbart utstyr. I enkelte tilfeller kan det være tilstrekkelig å bruke for eksempel en iPhone 12 Pro. Dette synliggjør i våre øyne noe av det fremtidige potensialet med slik teknologi.

Fra resultatene i denne oppgaven anser vi eiendomsteknologi for å ha et høyt bærekraftig potensiale i dens anvendelse, men det eksisterer barrierer for å implementere teknologien til dens fulle potensiale. Disse barrierene er knyttet til standardisering for bruk og utvikling.

Vi ville gjerne bruke Proptech BIM-modell til analytiske programmer som energisimulering, men denne modellen var ikke komplett for dette formålet.

Mulige temaer for videre forskning.

- Kombinere scan-to-BIM modell med sensorikk.
- Bruk av scan-to-BIM modell for drift av bygg; Hvilket detaljnivå kreves før dette er hensiktsmessig? Kan integrering av sanntids sensorikkdata redusere behovet for detaljeringsnivået ?
- Vurdering av kost/nytte til en scan-to-BIM modell for et bygg med 50, 100 eller 150 år levetid.
- Utvikle et metodesett for slik "lavterskel"-oppgradering som ventilasjonssystemet på Proptech Bergen har gjennomgått.
- Standardisering av tolkning av data fra sensorikk. Bruk av "Big-Data" for å se sammenhenger og potensiale til energisparing.
- Kan eiendomsteknologi bidra til ulike sertifiseringer av eksisterende bygg? (BREEAM feks.)

7 Kilder

- 1 Cecilie Flyen, "Oppgradering av verneverdige bygg krever kunnskap," SINTEF, May 07, 2019.
<https://www.sintef.no/siste-nytt/2019/oppgradering-av-verneverdige-bygg-krever-kunnskap/>
- 2 Selamawit Mamo Fufa, Cecilie Flyen og Christoffer Venås; Grønt er ikke bare en farge: Bærekraftige bygninger eksisterer allerede
https://www.sintefbok.no/book/index/1268/groent_er_ikke_bare_en_farge_baerekraftige_bygninger_eksisterer_allerede
- 3 "Vår Historie – Energy-Control." <https://energy-control.no/historie/> (Lest 01.03.2021).
- 4 Bjørn Laberg, "Eiendomsteknologi kommer for fullt," ByggFakta, Oct. 22, 2019.
<https://nyheter.byggfakta.no/eiendomsteknologi-kommer-for-fullt-156580/nyhet.html> (Lest 06.05.2021).
- 5 K. Johannessen, "Hva er eiendomsteknologi?," Sep. 17, 2019.
<https://nemitek.no/a/105326>
- 6 A.-C. Reuter Dahl, "Brundtland satte klima på dagsorden," NRK, Jun. 17, 2012.
<https://www.nrk.no/klima/brundtland-satte-klima-pa-dagsorden-1.8126481> (Lest 17.01.2021).
- 7 World Commission on Environment and Development, "Our Common Future," Oxford University Press, Sustainability, Oct. 1987.

- 8 MATTHEW SMITH, "Bærekraft for dummies," Bærekraft.
<https://baerekraft.ungdomsbedrift.no/brekraft-for-dummies> (04.02.2021).
- 9 FN, "Bærekraftig utvikling," Jan. 15, 2019.
<https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling> (Lest 29.02.2021).
- 10 Brian Keeley, "Income Inequality: The Gap between Rich and Poor | en | OECD,"
15.12.2015. <https://www.oecd.org/social/income-inequality-9789264246010-en.htm>
- 11 K. miljødepartementet, "Norge foreslår avtale om klimasamarbeid med EU,"
Regjeringen.no, Mar. 19, 2019.
<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/klimasamarbeid-med-eu/id2632883/>
(Lest 01.02.2021).
- 12 K. miljødepartementet, "Klimaendringer og norsk klimapolitikk," Regjeringen.no, Nov.
11, 2020.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (Lest 01.02.2021).
- 13 K. moderniseringsdepartementet, "Miljøvennlige boliger og bygg," Regjeringen.no,
Dec.11, 2014.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/plan--og-bygningsloven/bygg/innsikt/byggkvalitet/miljovennlige-boliger-og-bygg/id2345447/> (Lest
03.03.2021).
- 14 Thomas Keilman, "Bygger bedre kunnskap for en mer bærekraftig byggebransje,"
Oct.16, 2020.
<https://www.forskningsradet.no/sok-om-finansiering/hvem-kan-soke-om-finansiering/naringsliv/prosjekter-naringslivet/bygger-bedre-kunnskap-for-en-mer-barekraftig-byggebransje/>

- 15 K. moderniseringsdepartementet, "Kommunal- og moderniseringsdepartementet," Regjeringen.no, Oct. 07, 2019. <https://www.regjeringen.no/no/dep/kmd/id504/> (Lest 03.04.2021).
- 16 Direktoratet for byggkvalitet, Kapittel 1 Felles bestemmelser, 2017. <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-1/> (Lest 05.03.2021).
- 17 Direktoratet for byggkvalitet, *Kapittel 14 Energi § 14-2. Generelle krav.* <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-2/> (Lest 05.03.2021).
- 18 "Fremtidens bolig En bolig som gir maksimal komfort med minimal bruk av energi," Trondheim, 2012.
- 19 Byggforskserien 473.003 "Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner" Desember 2015
- 20 NS 3701:2012 "Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger"
- 21 "Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg (energimerkeforskriften for bygninger) - Lovdata," Jan. 01, 2010. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1665> (Lest 12.02.2021).
- 22 "Energimerking.no - Om energimerkeordningen," Om energimerkeordningen, Aug. 10, 2009. <https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/om-energimerkesystemet-og-regelverket/> (Lest 23.03.2021).
- 23 T. Karlsen, "miljøsertifisering - bygg og anlegg," Store norske leksikon. Apr. 22, 2020 Accessed: 13.03.2021. [Online] http://snl.no/milj%C3%B8sertifisering_-_bygg_og_anlegg.

- 24 Miljøsertifisering av bygg,” Grønn byggallianse.
<https://byggalliansen.no/sertifisering/> (Lest 12.03.2021).
- 25 “Nysgjerrig på BREEAM-NOR?,” Grønn byggallianse
"https://byggalliansen.no/sertifisering/om-breeam/nysgjerrig-pa-breeam-nor/
(Lest 02.02.2021).
- 26 “Avfall fra byggeaktivitet, 2019,” *ssb.no*, Feb. 25, 2021.
<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl/aar/2021-02-25> (Lest
15.03.2021).
- 27 “Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving. Tonn.,” *ssb.no*, Mar.
31, 2021.
<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl/aar/2021-02-25?fane=tabell&sort=nummer&tabell=446661> (Lest 15.03.2021).
- 28 Miljødirektoratet; “Disponering av betong- og teglavfall.,” Trondheim, Nov. 2019,
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M14/M14.pdf>.
- 29 Robbie Andrew, “Global CO2 emissions from cement production, 1928–2018 -
CICERO,” Earth System Science Data, DOI: 10.5194/essd-11-1675-2019, 2019. (Lest
04.05.2021) [Online]. Available:
<https://www.cicero.oslo.no/en/publications/external/6439>.
- 30 “Tekniske krav ved tiltak i eksisterende bygg,” Norsk Kommunalteknisk Forening, Apr.
2015. [Online]. Available:
"https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/veiledningsstoff/tekniske-krav-ved-t
iltak-i-eksisterende-bygg_eksempelsamling_nkf.pdf
- 31 Grete Aspelund., “Modernisering av bygg sentralt i smart-revolusjonen,” May 26,
2016

- <https://www.abelia.no/bransjer/teknologi-og-digitalisering/Nyheter/modernisering-av-bygg-sentralt-i-smart-revolusjonen/> (Lest 15.01.2021).
- 32 Rehabiliterert bygg har blitt et av landet mest bærekraftige,” ByggFakta, Oct. 29, 2019
<https://nyheter.byggfakta.no/rehabiliterert-bygg-har-blitt-et-av-landet-mest-baerekraftige-156928/nyhet.html>
- 33 "Elisabeth Nørgaard (ansv.), Natasza P. Sandbu (red.), Even Høydahl, Julie Kjelvik, Ingrid Melby, Geir Nygård, Elisabeth Rønning, Toril Sandnes, Ole Sandvik, and Signe Vrålstad, Kenneth Aarskaug Wiik., "Døgnet rundt fra 1971 til 2010," Møklegaards Trykkeri AS, p. 96, Oct. 2012.
(<https://www.ssb.no/a/samfunnsspeilet/utg/201204/ssp.pdf>)
- 34 Byggforsk 421.505 Godt inneklima i yrkesbygninger - May 2017
- 35 P. Dannevig and B. Pedersen, "luft," Store norske leksikon. Oct. 03, 2019.
May 13, 2021. [Online]. Available: <http://snl.no/luft>
- 36 ver gang du trekker pusten — Det europeiske miljøbyrået," May 2013
<https://www.eea.europa.eu/no/miljosignaler/miljosignaler-2013/artikler/hver-gang-du-trekker-pusten>
- 37 Anbefalte faglige normer for inneklima - 2015," Nasjonalt folkehelseinstitutt, Oslo, Jan. 2015.
<https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2015/anbefalte-faglige-normer-for-inneklima-pdf.pdf>
- 38 Lokal luftkvalitet-kommentarer - Miljødirektoratet
<https://www.miljodirektoratet.no/regelverk/forskrifter/forurensningsforskriften/luftkvalitet-kommentarer/>

- 39 "Forskrift om begrensnig av forurensning (forurensningsforskriften) - Lovdata," I hefte 2004. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931> (Lest 13.04.2021).
- 40 "Forskrift om strålevern og bruk av stråling (strålevernforskriften) - Lovdata," I hefte 2016. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-16-1659> (Lest 13.04.2021).
- 41 J. D. Fenske and S. E. Paulson, "Human Breath Emissions of VOCs," *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol. 49, no. 5, pp. 594–598, May 1999, doi: [10.1080/10473289.1999.10463831](https://doi.org/10.1080/10473289.1999.10463831).
- 42 Byggforskserien 552.323 "Behovsstyrt ventilasjon (DCV). Prinsipper" -
- 43 Byggforskserien 421.132 "Fukt i bygninger. Teorigrunnlag" Jun. 2018.
- 44 Byggforskserien 421.505 "Godt inneklima i yrkesbygninger" May 2017.
- 45 Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, "Radon," . <https://dsa.no/radon> (Lest 12.02.2021).
- 46 Jensen CL, Sundal AV, Ånestad K. Radon i uteluft. Presentasjon av resultater fra radonmålinger i uteluft i seks utvalgte områder i Norge. StrålevernRapport 2006:20. Østerås: Statens strålevern, 2006.
- 47 Byggforsk 701.706 "Tiltak mot radon i eksisterende bygninger" Oktober 2018
- 48 <https://www.airthings.com/business/wave-plus-for-business>
- 49 S. Bjørberg, A. Larsen, and H. Øiseth, "Livssyklus kostnader for bygninger," Norges Bygg- og Eiendomsforening, Oslo, FoU ISBN 82-91510-64-4, mars 2007

<https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/livssyklus-kostnader-fo-r-bygninger.pdf>

- 50 Kristine Fiksen, Energibruk i kontorbygg – trender og drivere NVE-2012-04
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2013/rapport2013_09.pdf
- 51 Toma, “Proptech for nybegynnere, alt du trenger å vite om eiendomsteknologi”
<https://energy-control.no/wp-content/uploads/2020/08/e-Bok-PropTech-for-nybegynnere.pdf>
- 52 “Hva er IoT? - Telenor.” <https://www.telenor.no/bedrift/iot/hva-er-iot/> (Lest 13.03.2021).
- 53 “Skytjenester,” *Datatilsynet*, Jun. 23, 2018.
<https://www.datatilsynet.no/personvern-pa-ulike-omrader/internett-og-apper/skytjenester/> (accessed May 15, 2021).
- 54 “Big Data,” *Datatilsynet*, Jun. 05, 2017.
<https://www.datatilsynet.no/regelverk-og-verktoy/rapporter-og-utredninger/big-data/> (accessed May 15, 2021).
- 55 The story of Airthings: the first ten years Marie Bannister, September 27, 2018
<https://www.airthings.com/resources/the-story-of-airthings>
- 56 A. ASA, “Airthings | The world’s leading radon and indoor air quality monitors.”
<https://www.airthings.com> (12.04.2021).
- 57 Nora Perez, “Welcome to the Airthings team, Airtight!” August 27, 2020
<https://www.airthings.com/business/resources/airthings-acquires-airtight>

- 58 Vedlegg 8.1.3, Intervju med Daniel Westervik fra Energy-Control, 30.04.2021.
- 59 “Cut the energy waste from buildings,” Airtight, 2020. <https://www.airtight.ai/> (Lest 25.02.2021).
- 60 Disruptive Technologies nettside, tilgjengelig fra ;
<https://www.disruptive-technologies.com/>
- 61 Ida Fjeldberg Bjerke, “Wave - Mounting Options” tilgjengelig fra:
<https://help.airthings.com/en/articles/4860324-wave-mounting-options> (Lest februar 2021)
- 62 “BIM og BIM-objekter,” Swedoor. <https://www.swedoor.no/tips-og-rad/bim> (Lest 17.01.2021).
- 63 U. Poerschke, R. Holland, J. Messner, and M. Pihlak, “BIM collaboration across six disciplines,” Jan. 2010.
- 64 Steen Sunesen, “Medlemsforeningen for hele byggenæringen,” 2012, Accessed: Jan. 27, 2021. [Online]. Available:
https://arkiv.buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/bs_folder_v5_0.pdf.
- 65 E. Kamel and A. M. Memari, “Review of BIM’s application in energy simulation: Tools, issues, and solutions,” *Automation in Construction*, vol. 97, pp. 164–180, Jan. 2019, doi: [10.1016/j.autcon.2018.11.008](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.008).
- 66 “BIM: Behov for kontraktsreguleringer og generell standardisering,” Oslo, Standard Norges komité SN/K 379 ISBN 978-82-93131-00-7, Oct. 2020. Accessed: May 14, 2021. [Online]. Available:

- <https://www.eba.no/siteassets/dokumenter/digitalisering/rapport-bim-med-vedlegg.pdf>
- 67 “Hva gjør vi?,” buildingSMART Norway. <https://buildingsmart.no/hvagjorvi> (accessed May 14, 2021).
- 68 L. Landfald, “Digital byggeprosess og BIM | standard.no,” Digital byggeprosess og BIM.
<https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/digital-byggeprosess/> (Hentet 29.03.2021).
- 69 “openBIM Definition,” buildingSMART International, 2021.
<https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/> (Lest 12.01.2021)
- 70 “What is BIM? Building Information Modeling,” TeamSystem Construction, Jan. 26, 2018. <https://www.teamsystemconstruction.com/magazine/what-is-bim/> (Lastet ned 06.05.2021).
- 71 “Common data environment CDE,” Apr. 19, 2021.
https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Common_data_environment_CDE (Lest 29.03.2021).
- 72 C. Eastman, “BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors,” 2011.
http://web.b.ebscohost.com.galanga.hvl.no/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzM2NDIzOV9fQU41?sid=f4bc0082-6df2-4fe4-9f29-6580e5147ea8@pdc-v-sessmgr01&vid=0&format=EB&lpid=lp_31&rid=0 (Lest 15.03.2021).

- 73 Jim Bedrick, Jan Reinhardt, and Will Ikerd, "LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY For Building Information Models and Data," desember 2020. <https://bimforum.org/LOD/> (Lest 13.04.2021).
- 74 "BIM Level of Development | LOD, 100, 200, 300, 350, 400, 500 | BIM Modeling Services | Architecture Engineering and Construction(AEC) | AEC Industry," Srinsoft Inc. <https://www.srinsofttech.com/bim-level-of-development-lod-300-400-500.html> (Lest 29.04.2021).
- 75 Arve Brekkhus, "Etablerer foreningen PDT Norge - skal jobbe med digitalisering av byggenæringen : Bygg.no - Byggeindustrien," Mar. 24, 2021. https://www.bygg.no/article/1462754?fbclid=IwAR0x_EQySard1WJLqet4HuJn9KKEqtS6YQERUXa_5RWEpuQODCSwXCLagsw (26.03.2021).
- 76 "Central File location," Nov. 19, 2018. <https://forums.autodesk.com/t5/bim-360-support/central-file-location/m-p/8410637#M9378> (accessed May 14, 2021).
- 77 G. Carbonari, S. Stravoravdis, and C. Gausden, "Building information model implementation for existing buildings for facilities management: a framework and two case studies," Sep. 2015, pp. 395–406, doi: [10.2495/BIM150331](https://doi.org/10.2495/BIM150331).
- 78 Sieglinde Fuller, "Life-Cycle Cost Analysis (LCCA) | WBDG - Whole Building Design Guide," Sep. 19, 2016. <https://www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-lcca> (accessed May 14, 2021).
- 79 Q. Lu, X. Xie, A. K. Parlikad, J. Schooling, and E. Konstantinou, "Moving from Building Information Models to Digital Twins for Operation and Maintenance," Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Smart Infrastructure and Construction, pp. 1–9, Jan. 2020, doi: [10.1680/jsmic.19.00011](https://doi.org/10.1680/jsmic.19.00011).

- 80 T. Chowdhury, J. Adafin, and S. Wilkinson, "Review of digital technologies to improve productivity of New Zealand construction industry," *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 24, pp. 569–587, Jan. 2019, doi: [10.36680/j.itcon.2019.032](https://doi.org/10.36680/j.itcon.2019.032).
- 81 M. Solla and B. Riveiro, *Non-Destructive Techniques for the Evaluation of Structures and Infrastructure*. 2016, s. 388.
- 82 M. Deng, C. C. Menassa, and V. R. Kamat, "From BIM to digital twins: a systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry," *ITcon*, vol. 26, pp. 58–83, Feb. 2021, doi: [10.36680/j.itcon.2021.005](https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.005).
- 83 Kari Befring Bjørnstad, "Tre prosjekter skal sette enda større fart på digitaliseringen av byggesaksområdet | Digdir," Oct. 11, 2020. <https://www.digdir.no/digitale-felleslosninger/tre-prosjekter-skal-sette-enda-storre-fart-pa-digitaliseringen-av-byggesaksområdet/2076> (Lest 04.02.2021)
- 84 "Setter fart på digitalisering av plan- og byggesaksområdet," KS, Nov. 17, 2020. <https://www.ks.no/fagomrader/digitalisering/felleslosninger/verktoykasse-plan--og-byggesak/setter-fart-pa-digitalisering-av-plan--og-byggesaksområdet/> (accessed May 14, 2021).
- 85 "BIM - Statsbygg." Hentet: 01.03.2021. [Online]. Tilgjengelig: <https://www.statsbygg.no/bim>.
- 86 "SIMBA - Statsbyggs BIM-krav - SIMBA X," 2021. Hentet: 01.03.2021. [Online]. Tilgjengelig: <https://sites.google.com/view/simba-bim-krav/simba-x>.
- 89 Anne-Mieke Dekker, "What is 'Scan to BIM'?" Jan. 29, 2019. <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-scan-to-bim-2> (accessed May 14, 2021).

- 88 S. Higgins, "Everything you need to know about point clouds | NavVis," Feb. 23, 2021. <https://www.navvis.com/blog/everything-you-need-to-know-about-point-clouds-nav-vis> (accessed May 14, 2021).
- 89 Ø. B. Dick and L. Mæhlum, "fotogrammetri," Store norske leksikon. 22.11.2020, Hentet: 20.04.2021. [Online]. Tilgjengelig: <http://snl.no/fotogrammetri>.
- 90 B. Yusuf, "Everything you need to know about scan-to-BIM | NavVis," May 05, 2020. <https://www.navvis.com/blog/everything-you-need-to-know-about-scan-to-bim> (accessed May 14, 2021).
- 91 R. Laing, M. Leon, L. Mahdjoubi, and J. Scott, "Integrating Rapid 3D Data Collection Techniques to Support BIM Design Decision Making," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 22, pp. 120–130, Jan. 2014, doi: [10.1016/j.proenv.2014.11.012](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.11.012).
- 92 K. jr and B. Michalík, "LASER SCANNING FOR BIM AND RESULTS VISUALIZATION USING VR," *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-5/W2, pp. 49–52, Sep. 2019, doi: [10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-49-2019](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-49-2019).
- 93 "Pro2 3D Camera - Professional 3D Capture | Matterport," Pro2 3D Camera, 2021. <https://matterport.com/cameras/pro2-3d-camera> (Hentet 30.04.2021).
- 94 N. GmbH, "It's time to rethink mobile mapping | NavVis." <https://www.navvis.com/reality-capture> (Hentet 02.03.2021).
- 95 Marius Arnesen, "Slik lager du 3D-modeller med en drone," NRKbeta, May 27, 2015. <https://nrkbeta.no/2015/05/27/slik-lager-du-3d-modeller-med-en-drone/> (accessed May 14, 2021).

- 96 M. Wilson and M. S. about 2 months ago, "The best drone 2021: the finest flying cameras from DJI, Parrot and more," TechRadar.
<https://www.techradar.com/news/best-drones> (accessed May 14, 2021).
- 97 "Dji Mavic 2 Pro Drone med Smart kontrollert - Droner med kamera."
<https://www.kjell.com/no/produkter/hjem-fritid/dronerquadrocoptere/droner-med-kamera/dji-mavic-2-pro-drone-med-smart-kontroller-p51385> (accessed May 14, 2021).
- 98 "Mavic 2Pro - DJI," DJI Official. <https://www.dji.com/no/mavic-2> (Lastet ned 30.04.2021).
- 99 "What kind of accuracy can I expect from Canvas? - Canvas FAQ."
<https://support.canvas.io/article/5-what-kind-of-accuracy-can-i-expect-from-canvas> (accessed May 14, 2021).
- 100 "Using Matterport for iPhone," Help Center.
<https://support.matterport.com/hc/en-us/articles/360046984954-Using-Matterport-for-iPhone> (accessed May 14, 2021).
- 101 "Blazing-Fast Mobile 3D Capture | Canvas." <https://canvas.io/> (accessed May 14, 2021).
- 102 "Polycam - LiDAR 3D Scanner." <https://poly.cam/learn> (accessed May 14, 2021).
- 103 "Capture, share, and collaborate the built world in immersive 3D."
<https://matterport.com/> (accessed May 14, 2021).
- 104 Tommy Hagenes, "Styring av inn klima og energibruk i bygg – Hvordan ta i bruk sensorteknologi?" 2021.

- 105 Konrad Fugas, "Everything You Should Know About Basics of BIM Technology," Blog for everyone interested in BIM - Bim Corner, Jul. 28, 2019.
<https://bimcorner.com/everything-you-should-know-about-basics-of-bim-technology/> (accessed May 14, 2021).
- 106 Alan Karchmer, "Revit vs. AutoCAD: What's the difference? | Autodesk."
<https://www.autodesk.com/solutions/revit-vs-autocad> (Lest 02.03.2021).
- 107 "Compare Revit Server vs BIM 360 Design."
<https://www.autodesk.com/solutions/bim/research-building-design/design-collaboration/compare-revit-server> (accessed May 13, 2021).
- 108 Ferny Celina, "Energy Analysis with Revit Insight and Green Building Studio | by Autodesk University | Autodesk University | Medium," 25.11.2020.
<https://medium.com/autodesk-university/energy-analysis-with-revit-insight-and-green-building-studio-70abd30b4ff6> (Hentet 26.03.2021).
- 109 Kean Walmsley, "Lessons from Project Dasher: Building a Digital Twin Using Forge | Autodesk University," Apr. 28, 2021.
<https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Lessons-Project-Dasher-Building-Digital-Twin-Using-Forge-2021> (accessed May 14, 2021).
- 110 Simon Breslav, Using Forge for Advanced IoT Visualization in Dasher 360 | Autodesk University, (Nov. 2017). Accessed: May 14, 2021. [Online Video]. Available:
<https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Using-Forge-Advanced-IoT-Visualization-Dasher-360-2017>
- 111 "ReCap-programvare | Se priser og kjøp ReCap Pro 2022 | Autodesk."
<https://www.autodesk.no/products/recap/overview> (Lest 25.03.2021).

- 112 Olav Dalland, Metode- og oppgaveskriving for studenter, 5th ed. Gyldendal Norsk Forlag, 2012. s111
- 113 Bernt Krohn Solvang and Idar Magne Holme, Metodevalg og metodebruk, 2nd ed. Tano Aschehoug, 1991. s15
- 114 “Pro2 3D Camera - Professional 3D Capture | Matterport,” Pro2 3D Camera, 2021. <https://matterport.com/cameras/pro2-3d-camera> (Hentet 30.04.2021).
- 115 Vedlegg 8.1.2, Intervju med Joakim Haukedal fra Virtulab 30.04.2021.
- 116 P. Tang, D. Huber, B. Akinci, R. Lipman, and A. Lytle, “Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques,” Automation in Construction, vol. 19, pp. 829–843, Nov. 2010, doi: [10.1016/j.autcon.2010.06.007](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.06.007).
- 117 Screenshot av Energy-Control sitt dashbord for Proptech Bergen (med tillatelse)
- 118 "Airthings for business, Case Study; Proptech Bergen:How indoor air quality data made an old commercial building into an energy-efficient 'living lab' <https://www.airthings.com/hubfs/Marketing%20Automation/Resources/AS%20-%20Proptech%20Bergen%20Case%20Study.pdf>
- 119 Vedlegg 8.1.4 Intervju med Tommy Hagenes fra Energy-Control.
- 120 Observert ved befaring på Kokstadflaten 4 av Bachelorgruppen; Elena Hatlestad, Sigurd Landsverk Blindheim og Olav Grøttveit
- 121 LinkedInprofil; Tommy Hagenes.

- 122 Tommy hagenes, podcast; Bærekraftige bygninger av Anne Sofie Bjelland
https://open.spotify.com/episode/0dr0AjsxsOmEEN5SWhpThb?si=hs2W8awOOyO_HYWMficCUg
- 123 Vedlegg 8.1.1, Intervju med Chi Ho Lau

8 Vedlegg

8.1 Intervju

8.1.1 Intervju med Chi Ho Lau v/BuildingSMART

Chi Ho Lau er prosjektleder for bSDD prosjektet til buildingSMART og har en lang karriere innen programvare for byggebransjen med erfaring innen programvareprosjektledelse og teknisk ledelse innen bygningsinformasjonsmodellering (BIM) hos programvareselskapet Jotne, og offentlige bygningseiere, Statsbygg og Sørøst-Norges regionale helseforetak.

- 1. Elena:** Vi skriver bacheloroppgave om implementering av innovative teknologi for eksisterende bygninger, vi skriver blant annet om BIM og sensorikk. Du jobber i BuildingSMART, sant?
- 2. Chi:** Ja
- 3. Elena:** Hvordan definerer BuildingSMART bærekraftig utvikling?
- 4. Chi:** Bærekraftig utvikling? Generelt er bærekraftig utvikling, la meg tenke litt på det.. det er jo selvfølgelig en viktig del.. da tenker du på disse bærekraftmålene ikke sant?
- 5. Elena:** Ja

6. **Chi:** Vi har jo vert med på prosjekter som blant annet innen sirkulærøkonomi har fokus innen bærekraft, og bærekraft nå er jo det som skjer innen sirkulær økonomi og.. vet ikke om dere har hørt om produktdata tempel?(PDT) Det er en ting som skjer veldig mye innen gjenbruk og produktinformasjon. Som jeg mener og vil si er vårt hovedfokus innenfor det området (bærekraft). Bærekraft er jo veldig mye, vist vi ser på bærekraftmålene er det veldig mye, og BuildingSMART er sikkert med på å løse mange av dem. Men konkrete innenfor bærekraft for BuildingSMART er det det med produktinformasjon, gjenbruk av materialer, den delen av utvikling vi bidrar mest til. Det er der våre medlemmer har mest fokus. BuildingSMART er en medlemsorganisasjon som inneholder rundt 140 aktører, både offentlige og private aktører. Det er det våre medlemmer hovedsakelig har fokus på (gjenbruk), innen det området (bærekraft).
7. **Sigurd:** Vil du sei at bruken av BIM kan gjøre bygninger mer bærekraftig, eller kan bidra til arbeid med å gjøre bygninger mer bærekraftige?
8. **Chi:** Ja det vil jeg si, og BIM er jo ikke løsning. Men BIM er et hjelpemiddel for å kunne oppnå de målene (bærekraft målene). Kjenner dere til målene innen digital veikart? Innenfor bygg og anleggsnæringen? Det er de målsetningene jeg tenker som vil gi gevinsten for bærekraftig, og BIM skal være et verktøy for næringen for å oppnå de målene. BIM i seg selv er ikke løsningen, det er så mye mer, men BIM er en av de tingene for å løse det. Det ser jo vi også i de iniativene rundt det som skjer nå. BIM har et stort fokus, det kommer noen større nyhetssaker nå snart om det. Innenfor BIM og BuildingSMART kan bidra til å oppnå de målsetningene til departementet, altså KMD (kommunal- og moderniseringsdepartementet) som stiller krav og ønsker til å bidra til digitalisering og oppnå bærekraftsmålene som Norge har.
9. **Elena:** BIM brukes mest for nye bygninger, sant? Men hvilke plass, eller hvor ofte brukes BIM for eksisterende bygninger i dag?
10. **Chi:** Det er jo stort sett innenfor, jeg vil si innenfor det offentlig, er det gjort mye BIM for eksisterende bygg. Jeg har en fortid med Statsbygg, på eiendomsavdelingen der. Der gjøres det veldig mye laserskanning blant annet, for å «BIMME» opp deres eksisterende bygningsmasse. For der ser de et behov for å gjøre det, for å kunne digitalisere rett og

slett, de anskaffer nye systemer de også.. For å gå fra tegning til modell, da må de begynne og skanne.. og det har jo egentlig tatt veldig mange år. Der tror jeg at de også, teknologimessig, har hatt en god utvikling av det. Det vi ser av endringen nå, når vi snakker om offentlig sektor, er at blant annet statsbygg har krav til informasjon i BIM-modellen. Det er jo såpass vi har komnt nå, fra laserskanning til forskjellig teknologi for å skanne bygg i 3D og deretter fylle disse byggene med riktig informasjon. Det har vi blant annet sett på sykehuset i Trondheim (St. Olavs Hospital), der har de brukt masse laserskanning for å digitalisere byggets bygningsmasse.

- 11. Sigurd:** Hvorfor tror du, tradisjonelt sett, at bygningsherrer ikke har bestilt BIM-modeller til sine eksisterende bygninger? Hva er grunnen til det tror du?
- 12. Chi:** Jeg tror det går mest på kompetanse, men når du sier «de ikke bestiller» er det jo ofte et internt spørsmål. Hvis du tenker på statsbygg så gjør de veldig mye internt med sine indre ressurser.
- 13. Sigurd:** Men tror du byggherrer ikke ser verdien i BIM-modeller eller tror du de bare syns det er for dyrt?
- 14. Chi:** Visst du tenker tilbake til 2013-2014, så vil jeg si at spørsmålet rundt kostnader er der. Da var teknologien litt nyere, og det var alltid spørsmål rundt kostnad og kvalitet, det finnes forskjellige metoder, man kan laserskanning, lage punktskyer og det var mer diskusjon rundt det. Men nå tror jeg teknologien har kommet såpass langt at kostnad sånn sett ikke er et spørsmål, og de har ofte en BIM-strategi som ligger til bunns som sier hva de skal gjøre. Men når vi snakker om byggherrer er jo det veldig bredt. Man kan ha to offentlige byggherrer, men de kan ha helt forskjellige kompetanse internt for å kunne løse oppgaven, samt ressursmessig og villighet i organisasjonen for å gjøre de endringene. Nå nevnte jeg Statsbygg, for de er blant de fremste og mest fremoverlente i Norge for å gjøre dette her. Men det finnes også mindre byggherrer som ikke sitter med denne kompetansen (som statsbygg har). Men de problemene og diskusjonene sitter vi med i våre nettverker, og vi har egne gruppering hvor alle byggherrene (som har denne problemstillingen) sitter rundt bordet og diskuterer og fremmer de spørsmålene som dere og diskuterer. Men problemet er at alle har forskjellige utgangspunkt. Det er ikke

slik at det statsbygg ønsker å gjøre, kan hvilken som helst annen byggherre gjøre. Som eksempel er Helse Sør-Øst (byggherre) den største helseregionen i Norge, og har kjempestore ressurser, mens Helse Nord stiller de med noe helt annet. De sitter på sidelinjen innenfor digitalisering av sine bygg. Et helseforetak hvor det foreligger masse sykehus under og hver av disse sykehusene er selvstendige enheter. Da ligger økonomi i bunnen for om de har råd til å gjøre det, og prioritering. Er det på helse eller bygg forvaltning? Det finnes mange utfordringer, ikke nødvendigvis noe galt med BIM eller teknologien for å gjøre det, men prioritering og kompetanse.

- 15. Sigurd:** Men visst du kunne trukket frem de største fordelene ved å ha en digital BIM-modell kontra tradisjonelle tegninger; hvorfor mener du at byggebransjen trenger BIM-modeller?
- 16. Chi:** Det vil definitivt effektivisere arbeidet som gjøres, ting vil skje raskere, koordinering vil skje raskere, det finnes tall på dette. At bruken av BIM er mer effektiv, det ser vi også blant de første prosjektene som har slike «BIM-kiosker» som viser at det er mulig å koordinere mye raskere og tryggere slik at det gir bedre sikkerhet for de som jobber på byggeplassene blant annet. Vi ser også at det koster mindre på sikt, fordi man kan gjøre forhånds-koordineringer som man ikke har kunnet gjøre tidligere med papir, penn eller pdf. Spesielt innenfor byggeplasslogistikk er det mye gevinst, du kan planlegge når en leveranse skal komme og hvor den skal, da minsker tidssvinnet. Når vi tenker på lengre perspektiv er det mye innenfor drift og vedlikehold som er utforsket gevinster som man vet ligger der, men kanskje ikke helt har klart å hente de gevinstene. Dette er fordi de som bygger ikke klarer å levere nok informasjon til BIM-modellen. Utviklingen går nå vekk fra 3D-visualisering, til informasjonsbaserte krav. Jeg har vært med på et standardiseringsarbeid i Europa om produktinformasjon, og det er nå store krefter der ute som dytter i denne retningen for å sikre at produktinformasjonen blir ivaretatt. Da kan man få de gevinstene som er å hente fra en BIM-modell i driftsfasen. Så jeg tror at det (informasjonen i modellen) har veldig mye å si i utviklingen, med tanke på gevinsten man ser ved å bruke BIM kontra tradisjonelle tegninger.
- 17. Sigurd:** Visst du skal se på utfordringene til BIM, vi ser nå at de største aktørene som Skanska, Veidekke og Statsbygg; bedrifter med mye ressurser har satset mye på BIM.

Men tror du dette er noe vi kommer til å se blant flere entreprenører, både store og små, eller er dette noe for de som driver med store næringsbygg og ikke for de mindre aktørene som bygger eneboliger?

18. Chi: Der som du sier, det er de største som kommer frem. Men visst Norge skal lykkes med digitalisering innen bygg og anlegg, så må også de små bli med. Initiativ som PDT er å få med de små. For å klare digitaliseringen, må alle være med. Jeg har i andre sammenhenger snakket med andre aktører som er veldig store innen vareproduksjon, og de stiller de samme spørsmålene; Om vi tror det vi gjør vil hjelpe, og vi tror at det vi gjør nå innen digitalisering og produktinformasjon vil hjelpe. Men dersom vi ikke får oppmerksomheten til de små, den lokale utbygger av eneboliger, så vil ikke vi klare å oppnå de målsetningene som er satt. Jeg har deltatt i konferanser til boligprodusentens forening og snakket om enebolig og digitalisering. Norgeshus har ikke noe problem med digitaliseringen, de er store og får det til, men det er de lokale entreprenørene som er utfordringen. Derfor skjer det mye i sentrale organisasjoner som tar et initiativ til å engasjere og tilgjengeliggjøre informasjon slik at alle kan være med. Jeg tror de som ikke vil være med kommer til å forsvinne ut av markedet før eller seinere. Når jeg snakker med byggevare- og boligprodusentforeninger er de redde for at deres medlemmer ikke henger med i digitaliseringen som skjer der ute nå, og det toget går fort. For det skjer fryktelig mye, og der er ikke alle som forstår hvorfor de skal bruke penger for å gjøre ting, eller ting som de har gjort allerede, hvorfor skal de gjøre det om på nytt? De spørsmålene våre medlemmer hver dag, og det vi gjør er å hjelpe våre medlemmer slik at de har den hjelpen og kompetansen de trenger for å støtte sine medlemmer.

19. Elena: Det er for lite standardisering i bruken av BIM for eksisterende bygninger, men skjer det noe utvikling for standarder for bruk av BIM for eksisterende bygninger nå?

20. Chi: Jeg vil si at det ikke finnes noen tydelige grå-soner for å BIMME opp eksisterende bygg og nybygg. Jeg ser ikke det som to forskjellige ting, jeg ser det som en ting. Forskjellen er at når man «BIMMER» eksisterende bygninger må man gjøre det på en annen metode. Du kan ikke modellere fra scratch, du må kjøre på med punktskyer og

laserskanning. Dette er en kostnad som ikke er så fryktelig høy lenger, det er på en måte en kostnad som er akseptabel i min oppfatning, nytteverdien er større enn kostnaden. Uansett om det er et nybygg som bygges opp nå eller om det er et eksisterende bygg så er det kvaliteten i informasjonen som er nøkkelen. Det er ikke det visuelle som er viktig lenger, det er hvordan man berike modellen og være tydelig på hva slags informasjon man skal ha produktet.

21. Sigurd: Vi ser at statsbygg har laget noen kravsett kalt Simba X og Simba X+, dersom du kjenner til dette

22. Chi: Jajaja.

23. Sigurd: Det er vel litt det du snakker om nå, hvor de har satt et krav til bruk av 3D-skanner ved skanning av bygninger.

24. Chi: Jeg tenker at det er kjempeviktig (kravsettene til Statsbygg), men det er også viktig der at de kravene kan også fungere for de andre byggherrene. Jeg tror ikke at alle kan klare å stille de samme kravene som statsbygg. Det vi må gjøre er å begrense det slik at vi kan komme til et nivå der alle kan stille de samme kravene, det er dit vi må, men per i dag er det ganske omfattende og krevende for de som skal levere dette. Men det skjer fryktelig mye i næringen nå, men mye skjer ukoordinert med byggherrene. Det syns vi er et problem. Balansegangen må jobbes med, det gjøres fryktelige mye gode initiativ til byggmodeller osv, men det må samkjøres. Visst vi får til det, tror jeg vi kan oppnå de målsetningene som er innenfor bærekraft eller iallfall et skritt nærmere.

25. Elena: I hvilken grad kan BIM-modell være tilgjengelig og for hvem?

26. Chi: Visst du tenker på eksisterende bygg så vil BIM-modellen være for drift, det er jo det man vil. Men vi tenker også på boliger, hvilken nytteverdi har man dersom man får BIM-modeller for eneboliger, eller i en leilighet? Der er vi nok ikke helt ennå, men primært, for byggherre og det offentlige, som eier mye bygningsmasse så er det for drift. Det er der gevinsten er størst, og lengst, et bygg tar 5 år å bygge, men skal leve i 50-60, kanskje 100 år. Så hovedmålet for BIM til offentlige byggherrer er å ta ut gevinsten i driften. Det er fryktelig mange prosjekter, selv i det offentlige, hvor det bygges et bygg,

men BIM-modellen ligger i skuffen etterpå. De klarer ikke å ta gevinsten av verdien det er i modellen, eller kanskje det ikke ligger så mange gevinster i modellen per i dag.

27. Sigurd: Ja, jeg skulle til å spør om du har noen konkrete eksempel på hvordan du mener en BIM-modell kan brukes i driftsfasen til et bygg.

28. Chi: En BIM-modell kombinert med riktig informasjon kan brukes f.eks til å undersøke hvilke krav som er stilt til en bygningsdel, jeg liker å bruke vindu som eksempel. Dersom vinduet da en dag blir knust, og må byttes ut, så er det viktig å vite hvilke krav som stilles til det vinduet. Det kan også være at akkurat den type vindu ikke lenger er i produksjon og er vanskelig å få tak i. Da kan man bruke informasjonen i BIM-modellen til å kontrollere at den nye vindus-modellen fyller de kravene selv om de ikke ser helt like ut. Så kommer kanskje nye krav når du skal bytte ut et vindu, en bygningsdel, fordi behovene har blitt annerledes. Da kan BIM-modellen bidra til at når man kjøper inn produkter hos sine leverandører, så kjøper de produkter som oppfyller de kravene som er der. Det finnes også eksempler i bransjen hvor noen kjøper produkter som ikke oppfyller kravene som er satt i Norge, og det har blitt store saker på grunn av dette. Det er jo også for å få ut de useriøse aktørene i markedet. Når man har det digitalt vet byggherre hva han får, de som skal levere vet hva de skal levere, og produsenten kan levere gode og riktige produkter med riktige krav.

29. Sigurd: Men forstår jeg deg riktig, slik du sa i sted, at i svært mange tilfeller blir BIM-modellen lagt i skuffen etter byggeprosjekter, er det din oppfatning?

30. Chi: Det var i alle fall slik, i de tidlige årene, men jeg vil si det er en utfordring. En ting er jo en BIM-strategi, men en annen ting er jo at prosjektet skal gjennomføres, det ligger et budsjett der. Det ligger en leveranse foran. Det er jo en balanse gang som er der, og jeg vil si at det også er i det tidlige stadiet. BIM har jo tatt 10 år til å komme dit vi er nå, at geometri og det visuelle er på plass, nå er ikke dette en utfordring lenger. Nå kommer de neste steget på markedet som vi ser er produktinformasjon, og når vi oppnår de tingene så tror jeg at BIM modellen og bruk av BIM vil få en enda større plass i næringen, og for flere. Det er en modningsprosess. Man må også tenke på hva man ønsker å bruke BIM-modellen til før man begynner prosessen. Man spør seg hvilke informasjon man vil

ha, og byggherre sier bare «gi meg alt du har», men hva er alt? Alt er veldig mye.. Driftsinformasjon kan være noe helt annet en det man trenger ved leveranse av et byggeprosjekt.. Men gapet blir mindre, og mer og mer informasjon blir tilgjengelig, derfor tror jeg BIM kommer til å bli mer og mer brukt der ute. Alt som skjer nå er for å hente ut gevinsten ved drift.

- 31. Sigurd:** I vår oppgave skriver om proptech-teknologi, sensorikk, IoT og BIM og hvilke verdier det kan ha i drift av bygninger. F.eks vannsensor for vannlekkasje, og vi tenker jo at slike sensorere kan kobles til BIM-modeller og få en «live feed» av tilstanden i bygningen, ser du et potensiale eller en utfordringer når du hører om denne koblingen?
- 32. Chi:** Jeg ser ikke på det som en utfordring. Det er jo det som skjer nå. Vi har jo ett par eksempler innenfor GK og inneklime, de sitter hos oss nå. Vi har sett presentasjoner fra dem, hvor de presenterer IoT, sensorikk og de tingene du nevner opp mot BIM. Men jeg tenker at det som er viktig å si er at BIM skal ikke løse alt, men vi må finne ut hvilke nivå er det som skal ligge i BIM, og hva er det som skal ligge i et separat «livesystem». F.eks GK sitt skysystem for å styre luft, varme, vann osv. Men visst du spørr en byggherre, vil de ha all historikken i BIM. For da kan de spore de som har skjedd. I stedet for at man skal ha separate informasjonsmodell, så ønsker driften at man skal kunne koble den til BIM. Men selve løsningen, eller «appen» (som GK sitt system), kan kobles til BIM modellen.
- 33. Sigurd:** Vi har et spørsmål her som handler om hvor langt man kan komme med BIM-teknologi i byggebransjen, med smarte byer og energianalyse av hele byer. Er det noe du kjenner til?
- 34. Chi:** Det snakkes jo veldig mye om i sirkulærøkonomi osv. Men problemet er at det er vanskelig å gjøre, fordi du har ikke entydig informasjon for å gjøre det. Dersom du er i Fredrikstad kommune og kommer til Oslo kommune så har de helt andre behov for å gjøre det. Men det vi skjer ute i bransjen nå er jo et steg mot dette, for bransjen jobber nå med å få informasjonen entydig, og smarte byer vil kunne bli en realitet eller resultat av dette fremover.

- 35. Sigurd:** Hvor tror du BIM er om 20 år? Tror du alle bygg vil være bygd med BIM-modeller?
- 36. Chi:** Det tror jeg er en målsetning i løpet av ett par år, og om tyve år håper selvfølgelig vi som jobber med dette her, at de målene er som er satt innenfor drift og vedlikehold er nådd for lenge siden. Jeg håper vi også finner nye bruksområder for de private aktørene også, for her handler det som oftest om gevinst, det handler mer om penger enn driften. Private byggherrer er opptatt av å bygge boliger og selge de, ikke sant. Men de offentlige er mer «jeg eier et bygg og jeg har et ansvar innenfor samfunnet og landet» og de har mer fokus på hvordan man kan ta vare på det best mulig, derfor er det offentlige byggherrer som har fokus på eksisterende bygninger, for det har ansvaret for å ta vare på det som er der. Slottet skal sannsynligvis være der i mange hundre år til, og da må det kunne ivaretas uansett i fremtiden. Jeg tror mye av de målene vi har satt nå, med det trykket vi har nå, vil være nådd om tjue år. Så tror jeg vi vil se mer bruk av BIM i det private, og mulighetene er mange, det er vanskelig å si hva det blir.
- 37. Sigurd:** Vi har funnet tall på at alle bygninger som kommer til å eksistere i 2050 er 1/3 allerede bygd i dag. Så skal man ha BIM-modeller av alle de så må man jo begynne og skanne en del.
- 38. Chi:** Ja, og jeg tenker at en ting er jo at de skal gjenbrukes. Trenden vil jo gå mot gjenbruk av eksisterende bygningsmaterialer. Dere kan jo søke opp artikler hvor statsbygg har solgt gamle betongdekker.
- 39. Sigurd:** Ja betong er jo et produkt som er vanskelig å gjenbruke, det finnes få områder hvor man kan gi nytt liv til betong.
- 40. Chi:** Det kreves også en stor endring av regelverket. Regelverket er jo en stor utfordring innenfor gjenbruk. Et rør i ett tak kan allerede ikke gjenbrukes etter det er satt opp. Selv om du vet at du kan gjenbruke det røret i ett annet bygg så får du ikke lov fordi det allerede har mistet CE-merket sitt i henhold til det regelverket som er i dag i Europa. Regelverket som er der ute nå er ikke laget for gjenbruk. Det tar lang tid for å endre regelverk i Europa. Det er en utfordring, men det er mulig å løse. BIM kan løse dette,

men man må endre regelverket. Jeg har tro på gjenbruk dersom du endrer regelverk. Innenfor sirkulærøkonomi og gjenbruk kommer det til å skje fryktelig mye.

41. Sigurd: Da tror jeg ikke vi har noen flere spørsmål.

42. Elena: Tusen takk for intervju

8.1.2 Intervju med Joakim Haukedal (Virtulab).

Joakim Haukedal har mastergrad i naturgeografi. Han jobber som drone pilot og geospatial spesialist i Virtulab.

- 1. Elena:** Kan du fortelle oss om skanneprosessen på Kokstadflaten 4?
- 2. Joakim:** Området ligger helt opp til Flesland. Så vi måtte sende en søknad til **Luftfartstilsynet** og få godkjenning. Søknaden hadde beskrivelse på hvor vi skulle fly, hvor høyt og hvor lenge. Så vi søkte om vi kan fly på maks 50 meter over bakkenivå. Og så ringte vi til tårnet før drone tok av og landet.
- 3. Elena:** Hvilken forberedelse for skanning hadde dere?
- 4. Joakim:** Først og fremst hadde vi visuell befarings. Vi brukte «street view» og andre bilder av bygget. På Kokstadflaten var det ekstremt vanskelig å fly med fotogrammetri på grunn av konstruksjon, mye vegetasjon rundt bygget og mye glassflater. Vi har planlagt rutetur før vi tok av, vi hadde en grov skisse før vi kom på «site» og så tilpasset vi denne på hvordan forholdet faktiske var der.
- 5. Elena:** Hvilken metode har dere brukt for å registrere posisjon?
- 6. Joakim:** Vi brukte innebygd GNSS mottaker som beregnet en gjennomsnittsposisjon i en time og så ble denne posisjonsdataen lastet opp. Deretter brukte vi PPK til å justere nøyaktigheten og korrigere atmosfæriske forstyrrelser og nøyaktigheter.
- 7. Elena:** Hvor lang tid tok det for å skanne hele bygget?
- 8. Joakim:** Det tok rundt 15 minutt for å skanne hele bygget.
- 9. Elena:** Kokstadflaten har mye glass på fasade som sikker gjør det vanskelig å jobbe med skanning. Hvordan fikset dere det?

10. **Joakim:** For å fikse utfordringene justerte vi lyset på bildet i etterkant, og så brukte vi dobbeltruttenett der fløy to retninger som krysset hverandre med kamera vinkel på rundt minus 60 grader. I tillegg til dette fløy vi rundt bygget manuelt og tok bilder fra bakkenivå. Deretter behandlet vi skannet data i program Pix4d for å fjerne unødvendig støy fra skannede modellen

11. **Elena:** Er dere fornøyde med resultatet dere har fått?

12. **Joakim:** Til tross for kompleksiteten til det skannede objektet er vi fornøyde med resultatet.

8.1.3 Intervju med Energy-Control (Daniel Westervik)

Energy-Control er en rådgivende bedrift innenfor smarte bygninger og driver med testing av proptech teknologi ved Proptech Bergen (Kokstadflaten). Daniel Westervik er COO (Chief of operations) ved Energy-Control og jobber med strategiske beslutninger og til dagen med teknologivalg.

1. **Gruppen:** Hva har Energy-Control gjort på Kokstadflaten 4?

2. **Daniel:** Det er jo de 1000 kvadratmeterne vi har gjort mest på (etasjen hvor kontorene er). Men vi har jo installert Airthings på alle rom og nå med VAV-spjeld i ventilasjonen i denne etasjen, nå skal begynne i en annen etasje. Det er på grunn av de nye kravene til mengden luft som skal inn i rom. Så var spørsmålet, skal vi bytte ut alt sammen? Bytte ut kanaler, rør osv? Eller skal vi drifte på behov når det er folk i de ulike rommene? Så ble det en enighet av vi skal prøve å bytte VAV spjeldene, som blir en rimeligere investering, også beholder vi det tekniske anlegget. Så det er de siste tingene vi har gjort. Så nå jobber vi med avfall også jobber vi med adgang. Som egentlig er dyre tekniske systemer, så nå prøver vi å bruke «unlocked» til adgang sann at det er mulig å gå på toppen av de FG-godkjente systemene. Det er jo en del av det som er bærekraftig rehabilitering. På vårt bygg så hadde vi utfordringer med nøkler, det var en av de første tingene vi hadde

utfordring med. Han som hadde nøkkelen, vi hadde en nøkkel, og han andre som hadde nøkkel bor i USA. Nøkler kan være en veldig stor utfordring, men vi har nå basert oss på digitale nøkler hele veien.

3. **Sigurd:** Men oppfølgingsspørsmål, når du sier at dere skal begynne å jobbe med avfall, så menes det vel avfall som bygget og dere produserer. Hvilken løsning ser dere for dere her?

4. **Daniel:** Vi skal gjøre to ting; det første er at vi jobber tett med norsk gjenvinning (NG) og prøve å få sanntidsdata. Slik at når de plukker opp søppel så skal vi få varsel om det. De er per dags dato Norges smarteste industribedrift, de fikk den kåringen nå, men de har kun en sånn datadump en gang i måneden. Så vi får en datadump en gang i måneden som en excel-fil som vi prøver å gjøre «smart», så der er vi i dag. Så sitter jeg i samtale med ulike selskaper som har sensorer som måler dybden i containere eller søppelspann slik at man tømmer de basert på behov istedenfor frekvens. For det er jo litt slik i dag, at gjerne søppelselskapene skal tømme så ofte som mulig fordi de tjener penger hver gang de tømmer. I noen tilfeller tjener de per tonn eller per kilo. Så målet er jo at vi hele tiden jobber etter behov i stedet for frekvens, og samtidig ha samme eller bedre konfidens, det er det vi må gjøre med digitalisering. Så sensorer er kult, men visst sensoren ikke gjør noe, så er det bare «en ny dings». Men visst sensorene kan logge 24/7 f.eks. vannvakt, som er en enkel ting å snakke om. Dersom man vanligvis har en inspeksjon på tekniske rom som er utsatt en gang i uken eller en gang i måneden, så vil man ved hjelp av en vannvakt vite 24/7 dersom det er en lekkasje. Så får man varsel og man kan gjøre tiltak der og da. Vi jobber i Fyllingsdalen med noen bygg hvor man har hatt lekkasje i påskeferien, siden det var ingen som gikk inspeksjon fordi det var påskeferie fikk de store vannlekkasjer. Så visst man hadde hatt sensorikk, ja man måtte hatt en utrykning i påskeferien, men det er en billig utrykning sammenlignet med kostnader knyttet til rehabilitering av vannskader. I hvert fall nå som det har vært litt kaldt, så får man snø og frost i vannlekkasjen. Så det er slike ting vi jobber med.

Daniel deler skjermen sin og viser oss et dashboard for et bygg som de har gjort smart.

- 5. Daniel:** Det viktigste er at man ikke har 30 nye pålogginger når man skal logge seg inn på «bygget». Det var det vi fikk på bygget vårt når vi skulle gjøre det smart, 30 nye pålogginger. Det gjør at man ikke går inn og ser. Man logger seg inn kanskje en gang i året, og da er man like langt. Så det første vi begynte med var å få oversikten, begynne å ta ut nøkkeltall, derfor prøver vi å si at det er internet of things (IoT) når de har et api. Slik at vi kan samle dataene og se dataene samlet. Så gikk vi på energi, først og fremst så gir det besparelser at man kan se energiforbruket og se på tiltak. Eksempelvis om bygget står og går hele døgnet, om det er noen rare «topper» eller at man varmer på spesielle tidspunkt. Selv om man som næringsbygg gjerne har fastpris på hvor mye man betaler per kilowatt så er det fortsatt slik at man vil få energitopper. Vi sitter og jobber med et bygg nå, og ser at de varmer mesteparten av bygget mellom klokken 9-10 på mandager og tirsdager. Da kunne man mye heller gjort det natt til tirsdag, altså mellom klokken 4-6. Ja, men hadde varmet opp bygget over en lengre periode, men man ville ikke hatt samme effektbredde. De bruker dobbelt så mye energi på de tidspunktene. Så er det jo innsikten, bare ved å gi innsikt så er ofte tekniske bygg flinkere til å se ting, kanskje glemmer man at det står «på» en påske, men så neste så ser man det veldig lett visuelt. Så jobber vi med ventilasjon og tekniske anlegg. Gjenvinner er jo noe av det beste vi har innen gratis energi. Så visst vi har en liten alarm når gjenvinneren ikke virker, vi måler altså temperatur før gjenvinner og etter gjenvinner, så kan vi se virkningsgraden. Visst vi ser at denne er lav så tyder det på at gjenvinneren er dårlig. Ofte er det en 80-90% gjenvinningsgrad. Så gjør vi 3D-skanning, det er jo litt for å kunne kartlegge, men det er og for å kunne gjøre bærekraftige rehabilitering, men også stille spørsmål om hvorfor gjør vi ting? Et eksempel er Markveien hvor vi fant at tekniske anlegg sto i korridorene, men de kunne jo stå på taket? Hvorfor gjør vi ikke det? Så fant vi at dersom de flyttet på alt som sto i veien så var det 750 m² med ledig lokale som kunne brukes. Så det at vi sparte 200 000 eller 500 000 bare i tid med konsulenter osv. Ble ganske lite sammenlignet med 750 m² midt i sentrum som har en prislapp på 30-40 millioner. Det er de tingene som sier at; «Okey; 3D-skanning». Et annet eksempel er nå når vi skulle ha digitale nøkler på bygget, så sendte vi en mail til han som skulle gjøre jobben med lokasjoner hvor vi skulle ha adgang. Så da sa vi; «Ok, vi skal ha det på denne døren» og vi

kunne legge inn koordinater (I 3D-modellen). Slik at når han skulle inn og se på denne (døren) så fikk han hele bygg og gikk direkte inn på døren vi skulle ha det på. Da kunne «låssmeden» se rundt døren og planlegge hva han trengte av utstyr, gjøre målinger og lokalisere nærmeste stikkontakt fra kontoret sitt. Da kunne han planlegge alt før han dro for å gjøre jobben. Vi hadde derfor ikke behov til å gjøre annet enn å låse opp døren til han. Bare at vi hadde en slik modell, gjorde at vi kunne spare mye tid, særlig nå i covid-perioden hvor vi sitter med hjemmekontor ved å slippe og reise frem og tilbake. Vi har også kunnet bruke modellen på Markeveien til å gjøre byggmøter og entreprenørene har kunnet tatt nøyaktige målinger ved hjelp av 3D-skannet.

6. **Olav:** Er det noe motstand fra folk som ikke er vandt med dette her? Som tenker; jaja, vi drar ut og ser uansett. Har dere den holdningen der ute eller er folk «med» med en gang?

7. **Daniel:** Ja, vi har jo fortsatt befaringer, på samme måte som får, i mange tilfeller. Men det er jo helt klart at vi har vært veldig heldige, slik som med DNB. De har vært veldig kule på at de har lyst å prøve dette her. Man har blitt tvunget av at man har vært på hjemmekontor. Så valget har stått mellom å synse eller bruke modellen. Så har vi fått to stykker på prosjektdelen, altså prosjektleder sitter på Proptech Bergen og er veldig interessert i teknologi og Erstad og Lekven som har arkitekturen og prosjekteringen synes dette er veldig kult og kjøpte utstyr selv. Så vi har vært veldig heldige med at de synes dette er kult teknologi, og har lyst til å prøve det. Så er det slik i COVID at man blir tvunget til å gjøre det. Det neste steget vi har sett på er inneklimate, både på grunn av at airthings tidlig kom inn og sa at de hadde lyst å holde til på proptech Bergen, og når de begynte med sensorene slet vi med at det var et gammelt bygg hvor det var masse små tilpasninger. Så når vi skulle begynne å bruke sensorikken satt folk så spredt i bygget. Vi hadde noen av rommene som rett og slett var feil (I forhold til luft). Så vi fikk inn en gruppe teknikere som skulle justere på alt sammen, da sa de at det kom til å ta 2 mann fire uker for at de skulle måle inneklimate på alle rommene. Det ble ganske dyrt. Så da satte vi heller sensorer i hvert rom og plutselig kunne vi i løpet av en uke (pga data over 3 uker fra alle rommene) kunne vi si hvilke rom som var problemet og hva som var

problemet, da tok det oss 2 dager å fikse problemet. Så vi sparte inn igjen sensorene på grunn av dette. Nå har vi oppgradert fordi vi har kunnet bruke de samme sensorene til å måle om det er folk i rommet, denne informasjonen kan vi bruket i prosjektet med VAV-spjeld. Da har vi fått utnyttet de to ganger, og nå har vi data på det. En annen fordel med sensorene er at dersom bygget en dag skal rives kan en bare ta ned sensorene og sett de opp på nye plasser når det nye bygget blir bygd. Så ja, sensorikk koster penger, men man får beholdt de.

8. **Olav:** I de forskjellige rommene, hvilke sensorer bruker dere der? Er det Wave? Eller er det forskjellig utifra rommet?
9. **Daniel;** Ettersom Airthings sitter der (på Proptech Bergen) så har vi også den nye. Men det er hovedsakelig wave plus vi har, den som har 7 sensorer i en. Vi har også noen rom med wave mini, men når vi hadde behov for å sjekke alt brukte vi wave plus. Men vanligvis er det mer en godt nok å ha wave plus i ganger og på møterom og i kjeller osv. ha wave mini.
10. **Olav:** Der dere bruker Mini, hva gjør at dere velger å bruke mest av wave plus? Har dere behov for alt den måler?
11. **Daniel:** Ja og nei. Så du vil jo få et bedre bilde desto flere datapunkter du har. Så vi har wave mini, da får man noe innsikt, men man får ikke all innsikt. Så er det jo en pris opp i det hele. Sann som bygget her, når vi valgte wave plus så har ikke wave mini kommet enda. Hos noen kunder ser vi at det er aktuelt i kjellerlokaler eller andre steder hvor det er viktigere å se på mugg er det helt klart greit nok med en mini. Men så er det jo det her med å kravstille det til radon for eksempel, og kunne kartlegge det. CO2 er det også veldig mange som er interessert i, spesielt i møterom. På renovasjon har vi både tatt ut i power BI og sett det i grafana, men vi så at de viktigste tallene er måletall. Kumulativt hvor mye søppel er det man har?

Daniel viser skjermen sin og viser noen eksempler på hvordan dataen blir samlet og grafer.

- 12. Daniel:** Vi jobber også med mennesketelling. Vi har mennesketelling på ulike nivåer. På cisco rommet bruker vi cisco-kamera vi har telling med pointcrab og vi har et prosjekt med airthings der de og teller basert på endring av inneklime på rommene når de vet størrelsen på rommet. Det bruker vi hovedsakelig for å se hvor mange personer som går inn og ut av bygget og hvor mye behov vi har for renhold basert på hvor mange som er der. Men vi ser at det også er andre som bruke det på kantiner for å spare og planlegge hvor mye man skal bruke basert på hvor mange som kommer inn de dørene. Så er det vannvakt. Fukt og råte er jo 60% av alle skader i bygninger. Så kunne ha det på lekkasjeutsatte områder som ved siden av kaffemaskin, kjøkken, tekniske installasjoner er det lett for at man kan spare mye penger. Så er det historisk data som ELhub. Det er vel de ulike tingene (vi driver med på Kokstad) tenker jeg.
- 13. Sigurd:** Jeg lurte litt på, har dere noen direkte data eller tall på bygget fra før dere gjorde tiltak og etter tiltak?
- 14. Daniel:** Åh, det skulle vi gjerne hatt. Det letteste i verden hadde jo vært om vi kunne fått tilgang til elhub data. Men da må du ha signaturrett til riktig person og riktig eier. Vår kontaktperson er Malling og i Malling er det ikke de som eier, men det er Nordea, og det har bare vært en ball som har gått. Vi får ikke tak i den dataen, så den dataen vi har er det vi har tatt ut fra måleren etter vi åpnet. Så er det jo slik at bygget sto tomt før vi kom inn, det sto tomt i fire-fem år. Dette gjør at dataen vi har er ikke så nøyaktig som vi gjerne skulle hatt det til. Men vi vet jo det at vi gjør besparelser på energi, men vi har ikke de gode historiske tallene som vi gjerne skulle hatt. Men altså, vi har jo ei pumpe som sto feil vei på ventilasjonsanlegget, vi har etterisolert alle kabler, som vi vet gjør at vi får besparelser, vi har hatt anlegg som sto på i ferier, men å si at tallene nøyaktig er mer å si dette er forbruket på en snitt dag i alle de fire årstidene. Bygget er jo ulik de fire årstidene, og slik kan vi jo at vi har spart så og så mange dager. Men jeg kan ikke vise tall som jeg gjerne skulle vist, to grafer oppå hverandre.
- 15. Olav:** Kan du gjette? Kan du gi et estimert tall?
- 16. Daniel:** La meg heller komme tilbake til dere med et tall som er mer nøyaktig..

- 17. Olav:** Det er jo avhengig av hvor nøyaktig det er men det hadde jo vært noe å tatt med i oppgaven...
- 18. Sigurd:** Er det noen spesiell data som skiller seg ut? Er det noe data som er mer relevant enn andre for dere når dere drifter det. I sammenheng for å spare mest penger på?
- 19. Daniel:** I airthings sammenheng er det helt klart airtight som er der man kan spare mye penger. Men det kommer helt på hvordan bygget er, men kan ser jo det at dersom kan klarer å balansere på tur inn og tur ut for å holde bygget levende. Men heller balanserer det på trykket inne versus ute som man gjør med airtight. Prinsippet er veldig simpelt, prinsippet er at man har en sensor ute og en sensor inne som måler nøyaktig hvor mye trykk det er i luften. Airthings sin er ikke nøyaktig nok til at man klarer å bruke det på en god måte men visst man har utetrykk og innetrykk så kan man si hvor mange bar det er i forskjell fra inne og utetrykket. Da man kan suge eller blåse inn i rommet for å få det mest mulig nøyaktig. Da vil man slippe at man enter blåser varm luft ut gjennom vinduer eller vegger hvor det er sprekker, eller motsatt hvor man trekker inn kald luft. Vi gjør nå eksperimenter på radon hvor man presser radon ut gjennom veggene ved å skape overtrykk. Det er iallfall der hvor man kan spare energi i forhold til det med luft. For vår del har sanntid data for energi vert viktig for å forstå hvor man kan hente besparelser. For da forstår man mer om bygget sin «helse». Vi har funnet et bygg hvor det så ut som alt var bra, men det viste seg at ventilasjonsanlegget sto og gikk på halv fart hele døgnet. Så der sparte vi 4000 kw på en helg. Det er helt klart at energi og sanntidsdata er den beste og raskeste måten for å kunne gjøre besparelser. Vi har sett at det går fortest å finne. Da ser vi f.eks. om et anlegg står på hele døgnet. Så er det jo gjenvinningsgraden, visst gjenvinneren ikke går blåser man varm luft ut, og særlig i Norge er det dårlig business. Så gjenvinner med det lille sugerøret er vanvittig effektivt. Så er det jo; klarer man å «nattsenke» så hjelper jo det veldig, eller man diskuterer jo hvor effektivt det er, men de gamle tallene til SINTEF er jo 5% per grad. Så visst vi ser på det bygget jeg jobber med nå, så har de konstant 25 grader, det er jo ingenting som tilsier at de ikke burde hatt 23 eller 22 grader, da sparer de 5% per grad tiltenkt. Uten at det går utover komforten til de som er der.

- 20. Elena:** Miris lager BIM-modell. Ser du noe fordel i å bruke BIM-modell i kombinasjon med sensorikk?
- 21. Daniel:** Ja det er jo mange grunner til at det er positivt, først og fremst er det jo kartlegging ved å finne og leite etter feil og forstå sammenhenger. Men det letteste er jo i det daglige driften, man snakker jo om hvordan man gjør det i planlegging, men så er det jo hvordan man gjør det i den daglige driften. Det å kunne se på et bygg og få varsel om en alarm og vite nøyaktig hvor i bygget man skal er jo noe som vil gjøre det veldig bra. Visst man i tillegg har en BIM modell eller IFC fil som i tillegg kan vise ting som er i bakkant, overkant eller lignende så blir det lettere å dra beslutninger rundt hva som egentlig er problemet. Eksempelvis vannlekkasje, luftlekkasje eller temperatur som gjør at her kan vi se at det er kaldere på et rom en alle andre, hvorfor skjer dette? Har man da en god BIM modell så vil jo det gjøre jobben mye enklere. Litt tilbake til da vi tok over dette bygget, enten har man to mann som går rundt i 4 uker for å lete etter problemer, eller så kan man sende en person direkte til der hvor man vet at man har en utfordring, og man har data som kan si noe om tilstanden. Det er jo litt sånn; vi er aldri eksperter på alle tingene vi jobber med, men vi har lyst å være med å muliggjøre med data og med en modell så kan ekspertene si noe. Så det er vi ser i forhold til BIM-modeller.. men så er det jo selvfølgelig en mye mer intuitiv måte å jobbe seg rundt på. Visst man beveger seg rundt i et bygg ved hjelp av sensorer slik vi gjør, så har man en mye bedre forståelse for de ulike tingene er og mulige tiltak. Når man kobler sensorikken til BIM så får man et helt annet forhold til dataene enn dersom man bare ser tall på en liste eller et excel-ark. Spesielt for personer som ikke jobber med sensorikk til daglig.
- 22. Olav:** Dere har jo en del sensorer fra disruptive, airthings og jeg vet ikke om dere har andre i tillegg.. Men alt det her kommuniserer gjennom api og dere har laget et dashboard hvor dere samler all data fra de forskjellige sensorene. Er slike dashboard en hyllevare? Jeg vet at DT legger til rette for det, men hvor lett er det i praksis?
- 23. Daniel:** Historien er jo ganske grei. Vi har utfordret Entra, Atea, Evri og DNB på å gjøre det. Vi har vært i prosjekter hvor andre skulle gjøre det og. Så kommer du et stykke, så sier noen at de kan gjøre det og det vil koste en million.. også skal du finne en eier av et bygg som har en million til å bruke på å starte et prosjekt, og de finnes ikke.. Eller de

store som DNB og Entra har råd til det, men de fleste som eier bygninger har ikke slike penger i sine budsjetter til å gjøre slike prosjekter for å samle data. Så vi gikk i fjor til innovasjon Norge og jobbet mye og brukte sparepenger og fikk midler fra innovasjon Norge. Vi skjønte at dersom vi klarer å finne 100 bygg som har lyst å gjøre dette så kommer vi ned til en pris som er fornuftig, som endte på 59,99 kr/mnd. Men du har utfordringer i alle ledd, det første er jo at du må oversette fra sensordata til at det lagres i en database. Da burde det også være lagret i samme måte. Det neste leddet er å få visualisert dataen, så når du henter opp dataen og visualiserer er det greit at det er i samme database så du får satt de opp mot hverandre. Siste leddet er tilgangsstyring, hvordan skal du vise dette på en god måte. Alle sier at dette er mulig, men det starter ofte med at de sier dette kommer til å koste 100 000 kroner og når du begynner å se på kompleksiteten så er du oppe i en million. Vi klarte ikke å finne noen, derfor gjorde vi det selv. Det er fullt mulig å gjøre det selv. Det er ikke noe problem å lage et system hvor du kan se på dataen hjemme, men når du skal legge det online og legge sikkerhet på det så koster det mye penger. Derfor bestemte vi for å gjøre det selv, så nå har vi to-faktorisert sikkerhet og brukt altfor mange kvelder og dager på dette. Men vi har laget en løsning som gir innsikt. Vi har sagt at vi ikke skal styre noe, men gi innsikt. Så bruker vi det beste fra alle andre. Airthings f.eks. har 30 utviklere som jobber kun med dashbord, vi er et lite team, med våre eksterne utviklere er vi 5 stk som jobber med dashbord. Så vi har aldri sjans til å ta igjen de på inneklima, så da har vi sagt; Da samler vi dataen fra de og har embed hvor vi deler deres dashbord inn i vår løsning. På denne måten slipper vi å lage en glue-løsning på toppen.

24. Olav: Med den løsningen dere har valgt nå, dersom det kommer en ny sensor på markedet fra et nytt firma med api. Vil det være greit å integrere dette eller er det en hel jobb kvar gang med ny data?

25. Daniel: Så måten vi har gjort det på er at vi standardiserer, vi fant ut at vi måtte gjøre det. Så vi må integrere apiet, som tar et par dager, men etter dette er det «tut og kjør». For resten er jo satt opp fra vår side. Så visst en ny kunde kommer med en ny energimåler så må jeg registrere energimåleren, så må jeg logge på og gi tilgang til at den kunden skal ha et dashbord med den måleren, så er det oppe og går. Så det går fort for

vår del å sette det opp for vi har lagd det «templatebasert» men f.eks. så gjorde vi et prosjekt med et selskap som heter El Watch som lager målere på sprinkleranlegg, da måtte vi sette opp det dashbordet på nytt, men når det var satt opp var det bare å bytte sensorene og tilgangene så var alt gjort.

- 26. Olav:** Det er jo veldig bra, da har dere løst et problem og fått valuta for pengene.
- 27. Daniel:** Ja altså, det kostet oss to millioner, men hvis vi fordeler det på mange nok så vil vi en dag kunne klare å tjene penger på det. Så var det litt slik at vi tenkte på det, så måtte vi bare jobbe i mange timer med lite lønn hvor vi benyttet oss av masse rådgivning og en dag blir vi kanskje komfortable. Så vi har vært heldige med gode kunder.
- 28. Sigurd:** Hvor komplekst vil du si det er å anvende proptech? Er du avhengig av en samarbeidspartner som energy-control for å sette det opp og få ut riktig informasjon eller kan en hvilken som helst byggherre kjøpe inn sensorer og begynne å anvende proptech selv?
- 29. Daniel:** Både ja og nei. Så, å starte et pilotprosjekt for samle data er en no-brainer. Kjøpe inn airthings eller disruptive technologies kit for å samle data kan alle gjøre. Ta den kostnaden for disruptive settet koster deg kanskje 50 000, airthings for ulike rom koster deg kanskje 10-15 000 så har du 5 sensorer som sender data opp til skyen, det er jo bare å gjøre. Men når du skal begynne og samle det sammen med 30 ulike pålogginger så begynner det å bli komplekst. Så en bedrift som Energy-Control kan hjelpe til med å gi en kvarttalsmessig rapport med de dataene vi ser, det går helt fint an å gjøre mye av innsikten selv, men du må gjerne ha ett behov som du har lyst å løse. For visst du ikke har et behov du har lyst å løse så blir det bare en dings som ligger på en pult. Så ser vi at du gjerne burde gå for industrielle løsninger som api sann at det ikke blir, jeg har vel 300 sensorer hjemme, nå er kanskje 50 av de pålogget og Tommy har vel 1300 pålogget hjemme og det er ikke slik at alle de, du skulle sett den skuffen han har, han har testet alt av teknologi. Jeg har testet kanskje halvparten, og det er mye som ligger i den skuffen. Vi ser at vi kjøpte det fordi det va det kuleste og hotteste når det kom til hjemmemarkedet. I 2018 mente vi at vi kan ringe hyttene våres varm, hvorfor gjør ikke vi det på bygget? Så vi kjøpte inn smarte sensorer fra hjemmemarkedet, også fungerer ikke det helt slik som

vi planla. En enkelt ting som en vannvakt på hjemmemarked er batteridrevet med enkle batterier. For at den skal vare lengst mulig sender den ikke signaler hvert 5.minutt men kun visst batteriet går langt ned eller visst det er en lekkasje, så visst det er litt dårlig dekning så mister vi sensoren og har ikke dekning på den når den står i kjelleren, så skjedde det en vannlekkasje. Siden den ikke har varsling hvert 5.minutt så kunne ikke vi si om sensorene hadde lite batteri eller mistet dekning, for den sender kun ut visst det er lite batteri eller det blir en lekkasje. Men det er ting man gjerne løser med industrielle sensorer da får man de litt større og dyrere, men det sparer seg. Eller dersom batterilevetiden er 1-2 år så må du ha en driftstekniker som bytter sensorene. Det blir jo en hel stilling dersom du har ett par bygg. Istedetfor kan du heller få batterier med levetid på 10-15 år, da plutselig så er det nærmere halve levetiden til bygget. Da blir det mye lettere å bytte ut de sensorene.

30. Olav: Hvor mange sensorer har dere i drift på Kokstadflaten nå?

31. Daniel: Vi har en plass mellom 400 og 500 sensorer. Men vi har 250 airthings sensorer oppe og noen nede, så har vi da en 300 sensorer fra disruptive liggende rundt, noen pointcrab en del kamera. Men de som vi aktivt bruker, visst vi sier hvilke sensorer bruker vi aktivt hver eneste dag da er det nå slik at vi har koblet alle airthings-sensorene for å se på trykket. Så bruker vi heis og dør for å kartlegge hvor mye folk som er på besøk og aktivt knapper fra disruptive for å varsle renhold, tomt for papir osv. og mennesketelling. De bruker vi hver eneste dag. Så er det de sensorene vi håper vi ikke trenger (at de ikke får alarm på) på de tekniske anleggene som energi, vannvakt osv.

32. Olav: Er dette lekkasje fra fukt, eller regn osv?

33. Daniel: Regn. Så vi skal gjøre en rehabilitering av fasaden.

34. Olav: Åja såpass

35. Daniel: Så det går en fin kanal helt ned til kjelleren hvor det er en liten sprekk og vi får lekkasje. Akkurat nå har vaktmesteren en arbeidsoppgave som heter «tøm bøtten»Bygget ser veldig fint ut fra utsiden akkurat nå, men det har et behov for rehabilitering. Det har vi bestemt oss for nå, og til sommeren blir det en rehabilitering og

til høsten håper vi at vi får benyttet oss av to etasjer (i stedet for en etasje slik de har nå). Forhåpentligvis får vi med oss en bank eller en rik onkel slik at vi kan ha et 200 kvm med student/co-worker/inkubator-rom området. Det er liksom den våte drømmen min nå. Slik at dere har et område hvor dere kan være, utfordre og teste ulike ting. Hvor vi kan ta med sensorer og være et makers space, hvor en tester og utfordrer teknologien.

Daniel måtte videre til et annet møte, vi takket for intervjuet og gode svar på våre spørsmål.

8.1.4 Intervju med Tommy Hagenes v/Energy-Control

Tommy hagenes er daglig leder for Energy-Control. Intervjuet er fra første møtet vi hadde med Tommy Hagenes på Kokstadflaten i tidlig januar og vi fikk en innføring i hva Energy-Control driver med, hva de har gjort og har planer om å gjøre på Kokstadflaten. Når dette møtet fant sted var oppgaven vår å se på en mulig fasadeendring av Kokstadflaten, i senere tid ble det bestemt at vi ønsket å endre oppgaven vår til å se på sensorikken til Energy-Control. Derfor vil deler av intervjuet være mindre relevant for denne oppgaven.

1. **Tommy:** Så på Kokstadflaten 4 skal vi gjøre en rehabilitering av fasaden. Det er i dag dårlig isolert og vi har lekkasjer. Så til sommeren skal vi etterisolere og gjøre en fasadeendring slik at bygget utvendig vil se veldig bra ut, og innvendig beholder vi alt vi kan, bruker sensorikken og styrer bygget på en bedre måte. Det er hele planen og målet her.
2. **Olav:** Blir det utskifting av eksisterende ventilasjon og slik også?

3. **Tommy:** Nei, alt det beholder vi. Der skal vi prøve å tenke veldig nytt.

Hovedutfordringen med alle nybygg er jo det at på et nybygg har du alltid mye mer luftmengde enn ved et bygg som er prosjektert fra 80-90 tallet. Men den luftmengden er veldig ofte basert på kjølebehovet, det er liksom den ene dagen i Bergen hvor det er over 20 grader det er dimensjonert etter. Vi mener det er veldig dumt (å skifte ut eksisterende ventilasjon) for da må du ofte rive hele kanalnett og det som er så fort for å skje er at når du åpner himlingen så fjerner du alt. Så vi tar en helt motsatt approach, vi skal ta det ytre, det som vi må og inne skal vi hele tiden ha dokumentert grunnlag for å skifte. Dersom vi ser vi får for lite luftmengde her så må vi kanskje gjøre noe men da er det å sette inn et ekstra aggregat istedenfor, et miniaggregat som skal passe inn i en tavle, og få mer luft på den måten. Men det vi håper og tror vi skal løse dette problemet med er å flytte luft til dit mennesker er. For når noen har gått fra den sonen der og inn i møterommet her så kan vi veldig enkelt justere ned (luftmengden) der og justere det opp her. Og det andre vi tror vi kan løse på en ny måte er når det normalt sett blir dårlig luft og sensoren sier "Nå er det 800 ppm, nå må vi gasse på luften", og det er veldig kort grense fra 800 til 1000 ppm før du har dårlig luft (1000 kvalifiseres som dårlig luft). Men grunn CO₂'en i rommet er jo 400. Så ved hjelp av teknologien vi allerede har på plass så er jo vår plan og si; "okey, når det blir over 8 mennesker i dette rommet her så ser vi at luften blir dårlig" Ja, men la oss heller bruke tellingen " (peker på Cisco-kameraet som kan telle mennesker) Så sier vi; Visst det kommer 8 mennesker inn her eller mer så skal vi gi full gass med en gang. På den måten har vi iallefall en teori om at vi bruker rommet litt som et batteri og det tar lengre tid å oppnå dårlig luft, og møtene våre er gjerne ikke 7 timer, men en halvtime eller time. Så det er litt denne måten vi har lyst å prøve og løse dette på, ved å tenke litt annerledes og nytt. Så har vi jo som sagt, den teller mennesker (peker på sensor og kamera) i alle rom. Så vi prøver å finne ut hvordan skal fremtidens bygg styres, hvordan kan vi tenke nytt, fordi styringen av bygg har ikke forandret seg siden 80-tallet.

Det ble diskutert hvilke fasadeendringer som skal gjøres på Kokstadflaten, men siden det er irrelevant for oppgaven i senere tid blir det ikke transkribert.

4. **Tommy:** Det vi gjør innvendig er at mange av disse spjeldene (i ventilasjonsanlegget) er “dumme”. Det vil si at de er full hele tiden. Det er veldig dumt. For visst vi har 20 000 m³ så har vi x antall luft inn i bygget og det vil si at hvert rom har så og så masse, mens kanalnettet er stort nok til at det kan være veldig mye mer. Så alle disse “dumme” spjeldene blir om til variable spjeld det vil si at de går til minimum når det ikke er mennesker her og til maksimum når det er mennesker her. På den måten tror vi at vi kan flytte luften på riktig måte. Så det og vil bli montert. Så er planleggingen av tiltakene gjort på en slik måte at leietakerne kan forbli i bygget gjennom hele prosessen det og er jo en bærekraftig strategi med at bygget skal ikke stå tomt i to år når man skal bygge om men de skal gjøre det i takt med at vi skal bo her. Så det neste vi skal gjøre nå er å varsle alle leietakerne om at vi skal gjøre endringer, og det eneste vi kanskje må gjøre da er å flytte litt på oss.

Gruppen diskutere hvilke selskaper som er leietakere på Kokstadflaten 4, denne delen blir ikke transkribert ettersom det ikke er relevant for oppgaven.

5. **Tommy:** Vi startet jo hele dette prosjektet her med å tenke teknologi, sant? Få mest mulig sensorer og leker og teste rekkevidden. En bivirkning av dette her var at vi plutselig fikk masse leietakere som ville sitte her. En annen bivirkning, noe jeg ikke visste når jeg begynte for tre år siden er at det kom til å være så tett knyttet på bærekraft. Så vi har blitt kjent med veldig mange hyggelige mennesker som er veldig gode på dette, blant annet Anne Sofie som vi har snakket mye med om dette prosjektet. Så det å være nært tilknyttet bærekraft og hvorfor vi gjør det vi gjør nå, hvorfor skifter vi fasade? Hva vil det gi oss av verdi? Hva er egentlig levetiden på alt vi har her? For innvendig er det ikke planlagt å gjøre noe utenom et par tekniske endringer. Hva er det bærekraftige riktige å gjøre? Dersom vi skal skifte noe, kan vi bruke det til noe annet eller gjenvinne det? Jeg vet alt for lite, eller, jeg har lyst å bli mye mye flinkere på bærekraft. Det at vi har flyttet inn i et bygg som sto så tomt er jo bra. For det er jo mye bedre å gjøre det enn å bygge et nytt bygg (satt opp mot bærekraft), men det var jo ikke derfor vi gjorde det i utgangspunktet. Det var først og

fremst fordi dette bygget her representerer 80% av byggene der ute, klarer vi å gjøre dette bygget smart så klarer vi å gjøre alle smart. Så har det kommet alle disse bivirkningene som har gjort at egentlig er mye mer interessant, det at vi har fått et bygg som var dødt i livet. Det at Kokstad har en ledighet på 40%, 4/10 kvadratmeter her ute står tomme. Ubrukt. For vi hadde en oljetid, så gikk det ikke så bra likevel og dette bygget her også er jo et gjenbruks bygg, og det å transformere det til et flerbruksbygg var kjempevanskelig, det var mye hacking og mye greier og nå skal vi begynne å gjøre det mer skalerbart. På dørene nå skal vi installere unlock før jul og da får vi et profesjonisert adgangssystem basert på den nye teknologien i stedet for å bruke kort. Vi har alltid først hacket det så skal vi gjøre det skikkelig, og hele tiden har vi egentlig tillatt oss å gjøre det.

Videre i møtet ble det diskutert andre ting som er testet på Proptech Bergen men som ikke er relevant for denne oppgaven.