

Digitalisering av bygninger i drift

HVOR SMARTE ER NÆRINGSBYGNINGER I DAG?



SINTEF Fag

Kamilla Heimar Andersen, Aileen Yang, Sverre B. Holøs og Øystein Fjellheim

Digitalisering av bygninger i drift

Hvor smarte er næringsbygninger i dag?

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 88

Kamilla Heimar Andersen, Aileen Yang, Sverre B. Holøs og Øystein Fjellheim

Digitalisering av bygninger i drift

Hvor smarte er næringsbygninger i dag?

Emneord: Digitalisering, næringsbygg, barrierer, drivere, trender, smarte bygninger

ISSN 1894-1583

ISBN 978-82-536-1748-0 (pdf)

Prosjektnummer: 102019981-81

Foto omslag: SINTEF/Headspin



© Forfatterne. Utgitt av SINTEF akademisk forlag

Denne rapporten er publisert med åpen tilgang etter CC BY-lisensen

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Community

Børrestuveien 3

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 40 00 51 00

www.sintef.no/community

www.sintefbok.no

Forord

Denne rapporten inneholder resultater fra dybdeintervjuer med eksperter, teoretisk grunnlag og forslag til veien videre for digitalisering av bygninger i drift.

Vi vil rette en spesiell takk til intervjuobjektene som velvillig delte kunnskap og erfaringer og kom med gode innspill. Takk til Tommy Hagenes for deling av sine erfaringer om hvordan gjøre bygninger smartere med dagens teknologi.

Denne rapporten er finansiert av SINTEF Community.

Mer informasjon om pågående prosjekter i SINTEF Community finnes på <https://www.sintef.no/prosjekter>.

Oslo, 20.04.2022

Trond Simonsen
Forskningsjef
SINTEF Community

Kamilla Heimar Andersen
Prosjektleder
SINTEF Community

Sammendrag

Europakommisjonens ambisjon om å bli verdens første klimanøytrale kontinent innen 2050 er avhengig av digitale teknologier og løsninger som kunstig intelligens (KI), 5G, tingenes internett (IoT), skytjenester og "edge computing" for effektiv utnyttelse av energi og ressurser. Men hvor smarte er egentlig næringsbygninger i dag, og hvor mye av den tilgjengelige digitale teknologien har blitt tatt i bruk?

For å finne svar på disse spørsmålene har vi brukt dybdeintervjuer og anvendt funksjonskravene (ID 1 og 4) i veilederen *Smart by Powerhouse*. Totalt har vi intervjuet 10 personer fra to utvalg ved bruk av videomøter høsten 2020: fire digitaliseringseksperter (utvalg 1) og seks ventilasjons-/energi-/inneklimatekspertene (utvalg 2). Basert på svar fra intervjuobjektene har vi identifisert og analysert drivere, trender, effekt og verdiskapning. Intervjuobjektene fra utvalg 2 bidro til å kartlegge bygningskategorier fra veilederen *Smart by Powerhouse* i deres eiendomsportefølje, hvilke nøkkeltallsindikatorer bedriften de arbeider i måles etter hvert år, og hvilke ambisjoner bedriften har når det gjelder blant annet digitalisering. I tillegg har vi evaluert to utvalgte bygninger etter funksjonskrav (ID 1 og 4) i veilederen *Smart by Powerhouse*. Videre har vi identifisert barrierer og tidshorisont for digitalisering, utvikling og økning av smartness i bygninger.

Gjennom dybdeintervjuene kom det fram at arbeidet med å nå FNs bærekraftsmål er den største driveren til digitalisering av bygninger. En av intervjuobjektene nevnte at en typisk trend i dag er at kunstig intelligens etterspørres og brukes i alle prosjektene de gjennomfører, noe som ikke var tilfellet for fem år siden. Effekten og verdiskapningen av digitalisering av bygninger er blant annet at det viser seg å være kostnadsbesparende, og at det øker effektiviteten i alle verdikjedene.

Den totale eiendomsporteføljen til intervjuobjektene er på ca. 15 millioner kvadratmeter og ca. 5 000 næringsbygninger. 68 % av bygningene benytter et sentral driftsteknisk (SD) anlegg. Den resterende andelen var ikke koblet til et overvåkningssystem for verken energi eller inneklimateklima.

Nøkkeltallsindikatorene fra intervjuobjektene tilhørende bedrifter var varierende og få. Samtlige intervjuobjekter opplyste at de ble målt på energiforbruk, men kun 15 % rapporterte at de ble målt på digitalisering eller digital modenhet. Det viser at det er et potensial for å utvikle nøkkeltallsindikatorer for digitalisering.

En bedrifts ambisjoner og visjoner viser hva de ønsker å leve opp til. 80 % av intervjuobjektene svarte at de arbeidet mot eller hadde et mål om å digitalisere eller delta i forskningsprosjekter som handler om digitalisering av bygninger. Det viser at bransjen ønsker å være med på endringen. Derimot er det lite utvikling når det gjelder implementering av digitale og smarte løsninger. Det gjenspeiler seg blant annet i de identifiserte barrierene. Barrierene for å kunne digitalisere bygninger videre, utnytte de smarte løsningene i bygninger eller øke graden av digitalisering ble kategorisert, og er som følger: infrastruktur, datadeling og sikkerhet, implementering, psykologiske faktorer hos sluttbrukere og forretningsmodeller. Den barrieren som vil ta lengst tid å overvinne, er psykologiske faktorer hos sluttbrukere, som flere av intervjuobjektene mente kunne ta opp mot 20 år.

Bygninger er ikke så smarte som man får inntrykk av fra dagens medier. Resultatene viser at kun 25 % av den undersøkte eiendomsporteføljen kunne klassifiseres i nivå 1 "Smart by Powerhouse", basert på ID 1 og 4. De resterende bygningene kan ikke klassifiseres i noen av kategoriene, og to nye nivåer (-1 og -2) ble definert.

Executive Summary

The Europe Commission's ambition to become the world's first climate-neutral continent by 2050 depends on digital technologies and solutions such as artificial intelligence (AI), 5G, the Internet of Things (IoT), cloud services, and edge computing for efficient use of energy and resources. But how smart are commercial buildings today, and how much of the available digital technology is being used?

This project has mapped how smart commercial buildings are today using focus interviews. A total of 10 experts from two groups were interviewed using video meetings in the autumn of 2020. Four digitization experts and six ventilation-/energy-/indoor climate experts were interviewed. Further, drivers, trends, effects, and value creation of digitalization of buildings have been investigated and analyzed based on answers given by both groups. Group 2 (6 persons) contributed to categorizing their building portfolio according to the building indicator Smart by Powerhouse, mapping the key performance indicators (KPIs) the company they work in are measured against every year and further what ambitions their companies have in terms of digitalization. Furthermore, barriers and time horizons for digitalization, development, and smartness in buildings have been identified.

The biggest driver of digitalizing buildings identified in the focus interviews was mitigating the United Nation's sustainable development goals. Compared to 5 years ago, there is a higher demand for using artificial intelligence in all projects. The effect and value creation of digitalizing buildings includes cost reduction and increased efficiency in all value chains.

The total building portfolio of the interviewees consisted of approx. 15 million m² and approx. 5000 commercial buildings. 68% of the buildings have a building management system (BMS), while the rest was not connected to a monitoring system for either energy or indoor environment quality.

The key performance indicators (KPIs) for the interviewee's associated companies were varied and few. All the interviewees stated that they were measured on energy use, but only 15% reported that they were measured on digitization or digital maturity. This shows that there is a potential for developing KPIs for digitization.

The ambitions and visions often reflect the aim the company wants to thrive on accomplishing. 80% of the interviewees answered that they worked or had a goal of digitizing or participating in research projects that dealt with the digitization of buildings. This shows that the industry wants to be part of the change, but the development of the implementation of digital and smart solutions is slow.

The barriers to digitizing buildings further, utilizing the smart solutions in buildings, or increasing the degree of digitization were categorized. They were as follows: Infrastructure, data sharing and security, implementation, psychological factors among end-users, and business models. The barrier that will take the longest to overcome is psychological factors in end-users, which several interviewees thought could take up to 20 years.

Buildings are not as smart as the media communicates. This study shows that only 25% of the surveyed building portfolio could be classified in category 1 Smart by Powerhouse, based on ID 1 and 4. The remaining buildings could not be classified in any categories, and two new levels (-1 and -2) were defined.

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
EXECUTIVE SUMMARY	6
1. INTRODUKSJON	8
1.1 MOTIVASJON.....	8
1.2 BEGREPENE "DIGITALISERING" OG "SMART"	9
1.3 BYGNINGSINDIKATORER	12
1.4 AKTUELLE PROBLEMSTILLINGER.....	12
1.5 RAPPORTSTRUKTUR	13
2. EKSEMPLER PÅ SMARTE BYGNINGER	14
2.1 "ET AV EUROPAS SMARTESTE BYGG"	14
2.2 HVORDAN GJØRE BYGNINGER SMARTERE MED DAGENS TEKNOLOGI – EN HISTORIE FRA VIRKELIGHETEN	14
3. METODE	16
3.1 VALG AV BYGNINGSINDIKATOR	16
3.2 DYBDEINTERVJUER	16
3.2.1 Intervjuguide, utvalg 1	17
3.2.2 Intervjuguide, utvalg 2	18
4. HVORFOR ØNSKER VI Å DIGITALISERE BYGNINGER?	20
5. HVOR SMARTE ER NÆRINGSBYGNINGER I DAG?	22
5.1 KLASIFISERING AV DAGENS BYGNINGSMASSE ETTER POWERHOUSE AMBISJONSNIVÅER	22
5.2 DRIFT OG VEDLIKEHOLD AV BYGNINGER.....	22
6. DIGITALISERINGSPROSESS HOS BEDRIFTENE	24
6.1 BEDRIFTENES AMBISJONER.....	24
6.2 BEDRIFTENES NØKKELTALLSINDIKATORER	25
7. HVILKE BARRIERER MÅ VI OVERVINNE?	26
8. OPPSUMMERING	29
REFERANSER	31

1. Introduksjon

1.1 Motivasjon

Europakommisjonens ambisjon om å gjøre Europa til verdens første klimanøytrale kontinent innen 2050 (Utenriksdepartementet, 2018) er avhengig av digitale teknologier og løsninger som kunstig intelligens (KI), 5G, tingenes internett (IoT), skytjenester og "edge computing" for effektiv utnyttelse av energi og ressurser (Ekspertgruppen for datadeling i næringslivet, 2020). En forventet konsekvens i forbindelse med innføring av disse teknologiene er at bygge- og ventilasjonsbransjen kommer til å gjennomgå flere endringer og prosesser framover – fra byggetegninger på papir til digitale tvillinger og elektroniske prosesser, fra manuelle graveoperasjoner til autonome og selvkjørende grave-maskiner, fra manuelle bordvifter til algoritmeoptimering av det termiske innneklimaet. Energityver i bygninger – for eksempel lys, viftedrift og slitte komponenter som tærer på ventilasjonssystemet – byttes ut med styringsalgoritmer som forteller om nødvendig utskifting, og systemfeil som rettes opp automatisk av systemet selv.

Iverksetting av slike teknologier forutsetter blant annet at bygningenes IT-systemer er skalerbare, og at sensorene har mulighet til å innhente flere opplysninger enn tidligere. Sensorer i bygninger skal for eksempel kunne fange opp energibruk, effektuttak, temperatur, luftkvalitet, fukt og konsekvenser av fukt, tilstedeværelse og energiproduksjon.

Standarder og veiledning rundt framtidsrettet og helhetlig investeringsplan for bygningsrelaterte digitaliseringsteknologier (BIM, design, planlegging, bygging og drift av bygningen) vil få en økende betydning både i nybygg og ved oppgradering av datafangst i eksisterende bygninger. Digitale teknologier og løsninger vil være en forutsetning for å få til energieffektive og automatiserte bygninger. Et viktig tiltak er test- og demonstrasjonsprosjekter for utprøving og evaluering av nye og endrede former for digital styring av effekt- og energieffektive bygninger tilpasset framtidige bruksområder (Energi21 og Digital21, 2020).

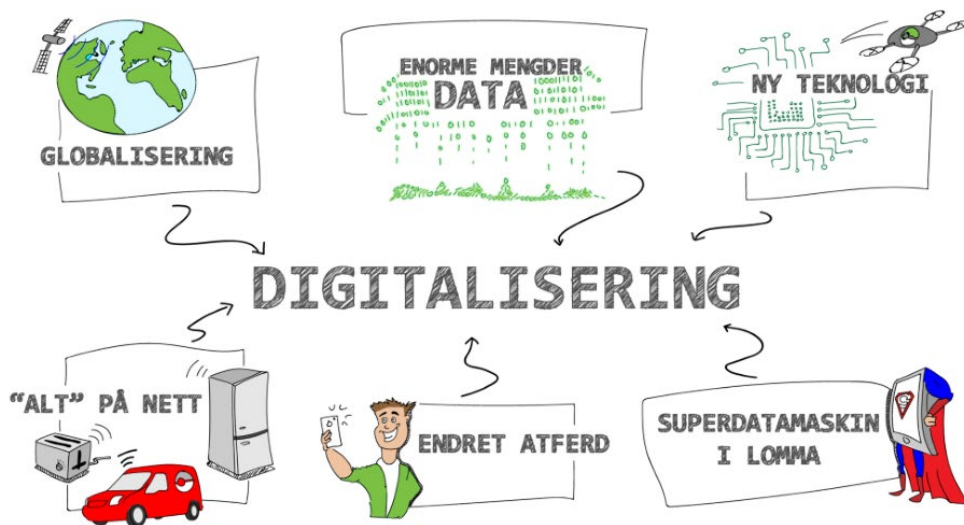
Per i dag har digitaliseringstrenden som samfunnet befinner seg midt oppe i, blant annet medvirket til fokus på og utvikling av effektive styrings- og kontrollsystemer som kan bidra til redusert energiforbruk i bygninger og dermed redusert CO₂ utslipp. Vi kan daglig lese om *digitalisering* i medieoppslag, og ikke minst i pågående forskningsprosjekter, for eksempel et prosjekt i Construction City Cluster (Construction City Cluster, 2020) hvor et av hovedmålene er å skape en felles bransjestandard for deling av data på tvers. Selve ambisjonen til prosjektet er en felles løsning for datadeling som tilfører konkret verdi gjennom høyere kundetilfredshet, bedre driftsøkonomi og ikke minst energi-, effekt- og klimavennlige løsninger ved drift av bygninger. Et annet prosjekt, Databygg (Fra reaktive til proaktive bygg med datadrevet intelligent styring, 2021), har et overordnet mål om å optimalisere samspill mellom bygningen og bygningens energiforsyning via prediktiv styring. Ved bruk av maskinlæring skal systemet også lære seg de unike bruksmønstrene til bygningene.

En annen nylig gjennomført studie (Krekling Lien, Ahang, Byskov Lindberg, & Fjellheim, 2020) konkluderte blant annet med at i henhold til veilederen *Smart by Powerhouse* (POWERHOUSE, 2019), er ikke dagens næringsbygninger *smarte* nok til å kunne utnytte fleksibilitetspotensialet i bygninger. Studien identifiserte også to viktige barrierer for å kunne utnytte fleksibilitetspotensialet i bygninger: 1) laststyringsprogrammer tilgjengelig på markedet, og 2) tilhørende teknisk infrastruktur.

1.2 Begrepene "Digitalisering" og "Smart"

Det er mange motiver for digitalisering av bygninger. Blant annet er hovedmålet i Europakommisjonens (EU) digitale strategi å bidra til en digital transformasjon for både personer og bedrifter som igjen skal bidra til et klimanøytralt Europa innen 2050 (European Commission, u.d.). I 2015 lanserte EU en ny digital agenda, Digital Single Market (DSM), som inneholder 16 satsingsområder. Fokus for Europakommisjonens prioritering av IKT er "det digitale indre marked". Europa trenger en fornyet tilnærming som bygger ned digitale grenser og blokkeringer, videreutvikler digitale tjenester på tvers av landegrensene og utnytter de økonomiske muligheter knyttet til 5G, kunstig intelligens og dataøkonomien. Det forutsetter blant annet nye initiativer knyttet til cybersikkerhet og overføring og videre bruk av data.

Figur 1 viser en illustrasjon av digitalisering og eksempler på tilhørende grupper innenfor digitalisering.



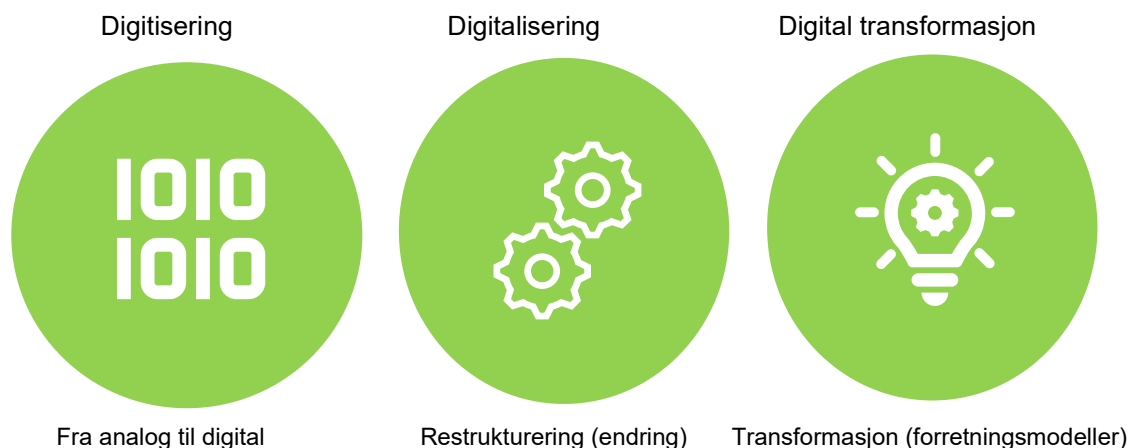
Figur 1. Illustrasjon av digitalisering og tilhørende grupper. Kilde: Marius Moe/Posten (lånt med godkjenning) <https://haneng.no/hva-er-digitalisering/>

Den norske regjeringen har definert *digitalisering* som følger:

Å bruke teknologi til å fornye, forenkle og forbedre. Det handler om å tilby nye og bedre eksisterende tjenester, som er enkle å bruke, effektive, og pålitelige. Digitalisering legger til rette for økt verdiskaping og innovasjon, og kan bidra til å øke produktiviteten i både privat og offentlig sektor (Den Norske Regjeringen, u.d.).

Konseptet *Digitalisering* blir også omtalt som digitisering og digital transformasjon (Osmundsen, Iden, & Bygstad, 2018). Se figur 2.

Digitisering handler for eksempel om å gå fra å dokumentere innregulering på papir, til et program på en bærbar PC. *Digitalisering* tar for seg restrukturering av oppgaven: I stedet for å sitte på sentralen og adressere alarmer på SD-anlegget eller styre varmpådrag kan dette for eksempel gjøres via en app på telefonen når man sitter på t-banen. Den *digitale transformasjonen* blir virkelighet når bedriften har omstrukturert alle områder, og kan kalle det en ny forretningsmodell – for eksempel abonnementstjenester for ventilasjon og inneklimate.



Figur 2. Digitalisering fordelt på tre definisjoner

Definisjonen av "smart" innen teknologi er ifølge Store norske leksikon:

Innen teknologi brukes smart om noe som har datamaskinfunksjoner, noe som er programmert til å utføre bestemte avanserte oppgaver, som har kunstig intelligens; for eksempel smarttelefon og smart-TV.

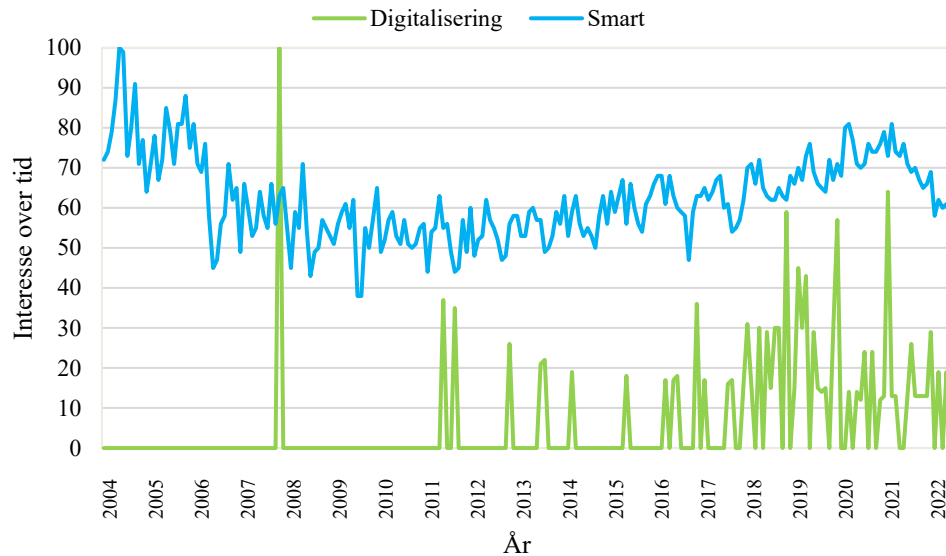
Begrepene "smart" og "digitalisering" har blitt mer aktuelle og brukt de siste årene, se figur 3. Figuren er generert ved bruk av søketermene "digitalisering"¹ og "smart"² i Google Trends for hele verden, nettsøk og under kategorien vitenskap, fra 2004 til i dag. Interesse over tid representerer søkeinteressen relativt til det høyeste punktet på diagrammet for gitt område og tidspunkt. En verdi på 100 viser stedet der termen er mest populær. En verdi på 50 betyr at termen er halvparten så populær. En verdi på 0 betyr at det ikke fantes nok data for denne termen.

Figur 3 viser tydelig at "digitalisering" har hatt en økende trend, spesielt de siste 10 årene. "Smart" har hatt en stabil trend, med en økning de siste 5–7 årene. Noe overraskende går trenden nedover fra 2021 til i dag. Teknologier og prosesser blir ofte referert til som digitale. Derimot blir en bygning ofte definert som smart om den innehar teknologier og prosesser som er digitale eller har blitt digitalisert. At en prosess digitaliseres, kan bidra til å øke graden av å bli oppfattet som smart siden definisjonen betyr at den tar i bruk teknologier som kan utføre avanserte oppgaver.

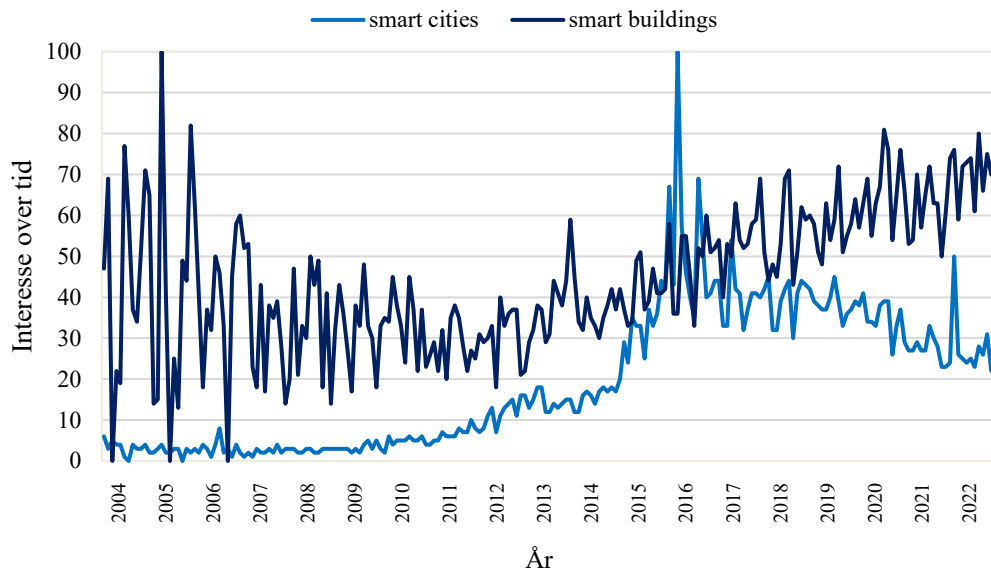
I likhet med begrepene "smart" og "digitalisering" har "smart cities" og "smart buildings" blitt mer aktuelle og brukt de siste årene. Utviklingen kan observeres i figur 4. De to begrepene har hatt en tydelig utvikling de siste årene: "Smart cities" hadde en klar utvikling rundt 2015, med en nedgang de siste 5–7 årene. Derimot er det en stigende interesse over tid for "smart buildings", noe som kan ha sammenheng med utviklingen av bygningsindikatorer og prosjekter i Europa.

¹ <https://trends.google.com/trends/explore?cat=174&date=all&q=digitalisering>

² <https://trends.google.com/trends/explore?cat=174&date=all&q=smart>



Figur 3. Søketermene "digitalisering" og "smart" i Google Trends fra 2004 til i dag og interesse over tid



Figur 4. Søketermene "smart cities" og "smart buildings" i Google Trends fra 2004 til i dag og interesse over tid

En sentral aktør i utviklingen av begrepet "smart building" er Buildings Performance Institute Europe (BPIE) (Buildings Performance Institute Europe, u.d.). De definerer en smart bygning som følger:

A smart building is highly energy efficient and covers its very low energy demand to a large extent by on-site or district-system-driven renewable energy sources. A smart building (i) stabilises and drives a faster decarbonisation of the energy system through energy storage and demand-side flexibility; (ii) empowers its users and occupants with control over the energy flows; (iii) recognises and reacts to users' and occupants' needs in terms of comfort, health, indoor air quality, safety as well as operational requirements. (Construction21 International, u.d.) (Buildings Performance Institute Europe, u.d.)

Begrepet "smart" eller versjoner av dette kan gjenkjennes i mange eksisterende prosjekter og veiledere – blant annet Smart Innovation Norways prosjekt "Smarte Byer & Samfunn" (Smarte

Byer & Samfunn, u.d.), "Smarte Byer Norge", en frivillighetsorganisasjon (SMARTE BYER NORGE AS, u.d.), og til og med EU har et Mission, "Climate-Neutral and Smart Cities" (European Commission, u.d.). "City Exchange" (+CityxChange, u.d.) er et prosjekt finansiert gjennom denne misjonen til EU. International Energy Agency (IEA) Annex 81 (IEA EBC - Annex 81 - Data-Driven Smart Buildings, u.d.) har som mål å undersøke datadrevne smarte bygninger. Flere veiledere og bygningsindikatorer bruker også begrepet "smart" i både tittel og under vurdering av hvor "smart" en bygning er. Dette er presentert og diskutert mer i neste underkapittel.

1.3 Bygningsindikatorer

Bygningsindikatorer har blitt en populær måte å klassifisere hvordan en bygning yter med tanke på energibruk, strømforbruk, inneklimateparametre og/eller andre parametre relatert til for eksempel innovasjon, økonomi, bærekraft og miljø. Det fins mange bygningsindikatorer i dag, og noen typiske er bærekraftsindikatoren BREEAM (BREEAM, u.d.) som tar for seg blant annet energiforbruk, helse, transport, materialer, ledelse, forurensing og sortering. Bærekraftsindikatoren DGNB (DGNB, u.d.) tar for seg økonomi, det sosiale, teknikk, prosesser og miljø, og er mest utbredt i Tyskland og Danmark. En annen bygningsindikator er Smart Readiness Indicator (SRI) (VITO ; European Commission, u.d.), utviklet av VITO i et forskningsprosjekt finansiert gjennom Horizon2020. Denne bygningsindikatoren ble utviklet i den hensikt å gi informasjon om bygningens ytelse og evne til å tilpasse drift etter beboernes behov basert på signal fra nettet (energifleksibilitet). SRI skal også bidra til å øke bevisstheten blant bygnings-eiere og beboere om verdien og faktiske besparelser ved bruk av bygningsautomatisering og overvåkning av det tekniske systemet i bygningen.

Powerhouse ambisjonsnivåer – Smart by Powerhouse ble utgitt i 2019 og skal være en frivillig veileder for ressurseffektive og funksjonelle næringsbygninger. Tabell 1 viser et sammendrag av de forskjellige Powerhouse ambisjonsnivåene.

Tabell 1. Powerhouse ambisjonsnivåer: *Smart by Powerhouse – Veileder for ressurseffektive og funksjonelle næringsbygg*

Nivå	Nivåkriterier
Nivå 0: Automatisert	Ordinære automatiserte bygninger bygd etter dagens forskrifter og lovkrav
Nivå 1: Smart klar	Bygningen innehar teknisk infrastruktur som gjør det mulig å utvikle det til et høyere smart nivå på et senere tidspunkt. Systemer som kommuniserer og bedre tilgang til data, forenkler drift av bygningen.
Nivå 2: Smart standard	Bygningen kommuniserer med bruker, gir veiledning og/eller tilpasser seg brukernes preferanser og bruksmønstre. Åpne API-er forenkler deling av data og implementering av nye tjenester.
Nivå 3: Smart prediktivt	Bygningen predikerer framtidig tilstand basert på direkte og indirekte data fra omgivelser og bruker, og gir anbefalinger eller justerer bygningen deretter. De ulike brukerne får personlig informasjon og veiledning.
Nivå 4: Smart kognitivt	Bygningen er selvlærende og bruker historiske data og maskinlæring til å forbedre sine prediksjonsmodeller, drift og styring. Det kommuniserer og samhandler med nabobygninger og omgivelsene rundt seg.

1.4 Aktuelle problemstillinger

Det har blitt identifisert et behov for å finne ut hvor smarte bygninger faktisk er i dag. Digitale, eller smarte, bygninger innebærer implementering av ulike digitale løsninger, for eksempel kontroll- og feildeteksjonsalgoritmer, prosesser i bedrifter som fremdeles er på papir, og i hvilken grad de manuelle prosessene eller oppfølging av ventilasjonsanlegg kan digitaliseres.

Vi har valgt å avgrense bygningsmassen til næringsbygninger, og vi avdekket et behov for å finne ut hvor smarte næringsbygninger faktisk er i dag med fokus på drift og vedlikehold.

Basert på dette ble følgende forskningsspørsmål definert:

- 1) Hva er driverne til digitalisering av bygninger/næringsbygninger (eller elementer i bygningen)? Hvilke trender ser vi? Hvilken effekt og verdiskaping vil digitalisering av bygninger ha i framtiden?
- 2) Hvor mange av næringsbygningene benytter seg av et sentral driftsteknisk (SD) anlegg? Hvilke nøkkeltallsindikatorer (KPIs) arbeider bedrifter med i dag? Hvilke ambisjoner har bygningseiere, forvaltere eller andre om framtiden relatert til dette?
- 3) Hvilke barrierer hindrer digitalisering i dag? Og hvilken tidshorisont er det på barrierene?

1.5 Rapportstruktur

Kapittel 1 presenterer motivasjonen, bakgrunnen og begreper brukt videre i rapporten. I kapittel 2 presenteres bygninger som blir betraktet som smarte av bransjen og medier. I kapittel 3 presenterer vi metodene og intervjuguidene brukt i denne studien. I kapittel 4 blir resultatene fra intervjuobjektene og kategorien "hvorfor ønsker vi å digitalisere bygninger?" presentert fra utvalg 1 og 2. I kapittel 5 diskuteres resultatene om hvor smart næringsbygninger er i dag. Kapittel 6 tar for seg svarene fra utvalg 2 og digitaliseringsprosessen til bedriftene i denne studien. Kapittel 7 presenterer hvilke barrierer vi må overvinne for å øke digitaliseringsgraden i næringsbygninger identifisert fra utvalg 1 og 2. Kapittel 8 oppsummerer, diskuterer og trekker konklusjoner fra denne studien. Kapittel 9 viser referanselisten brukt i denne studien.

2. Eksempler på smarte bygninger

Det er uklart hvordan visse bygninger har fått merkelappen "smarte bygninger", men det forutsettes at visse krav er lagt til grunn for at bygningseier/entreprenør har brukt merkelappen "smart". I dette kapitlet presenterer vi to bygninger som blir betraktet som smarte. Underlaget til Karvesvingen 5 er samlet inn av førsteforfatter fra tilgjengelige publikasjoner, mens for Proptech Bergen har førsteforfatter selv hatt et uformelt intervju med daglig leder for bygningen.

2.1 "Et av Europas smarteste bygg"

Karvesvingen 5 i Oslo har blitt kalt "Norges smarteste kontorbygg" (Atea Bygget - Norges smarteste kontorbygg, u.d.) og "Et av Europas smarteste bygg" (Dette er et av Europas smarteste bygg, 2020), og det var mye medieblest om bygningen da den ble ferdigstilt. Men hvor smart er den egentlig, og hvilke elementer har bygningen i seg som gjorde at den har fått merkelappen "smart bygning"? Basert på litteratursøk, har de følgende elementene blitt identifisert og er beskrevet under i teksten.

Bygningen ble ferdigstilt og innflytningsklart i første kvartal 2020. Den er 18 000 m² og har ca. 1 000 arbeidsplasser. Bygningen har ca. 6 000 sensorer som logger tilstedeværelse, temperatur og bevegelse. Lysarmaturene er datakablet og utstyrt med sensorer for temperatur og tilstedeværelse. Wifi-punkter har innebygd bluetooth- og zigbeeantennener som gir et heldekkende IoT-nettverk. Adgang, heisstyring og lysstyring gjøres via smarttelefon. Også andre funksjoner styres via apper. Om du befinner deg i en etasje hvor det er få personer, er det meningen at du skal få en beskjed via en app som ber deg flytte deg til et sted med flere mennesker – dette slik at strømmen i etasjen kan kuttes (for å spare energi). Andre tilleggstenester er påminnelser om booking av møterom, bestilling av mat og andre hjelpemidler som kan forbedre arbeidsdagen til de ansatte. Ulike systemer er integrert med hverandre over API-kommunikasjon. All informasjon er tilgjengelig på servere i skyen, og man kan dermed enkelt hente ut relevant informasjon.

Alle fellesområder er tilrettelagt med tanke på å skape levende steder som begeistrer, både når det gjelder arbeidsmuligheter og sosialisering. En dataplattform er utviklet spesielt for dette prosjektet og henter informasjon fra byggesystemer og sensorer, samtidig som den styrer blant annet ventilasjon og energiforbruk. Bygningen har blant annet varmepumpe med 14 energibrønner, og fjernvarme som spisslast. I tillegg er det solceller på tak.

Bygningen sertifiseres som BREEAM-NOR Excellent, følger passivhusstandard og Energi-klasse A.

2.2 Hvordan gjøre bygninger smartere med dagens teknologi – en historie fra virkeligheten

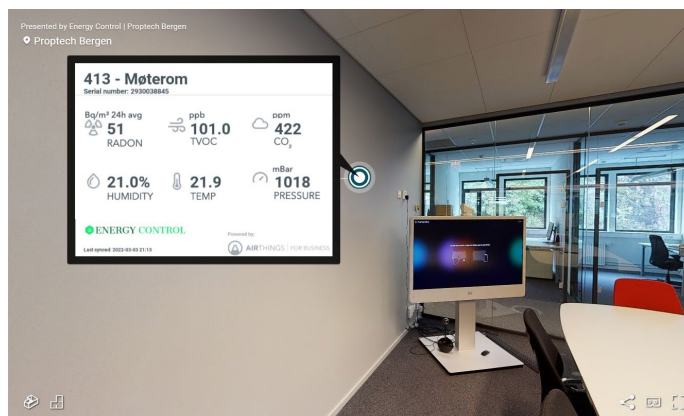
Bakgrunnen for å presentere PropTech Bergen er at bygningen markedsføres som en suksesshistorie – et praktisk eksempel på hvordan en bygning uten noen teknologier kan oppgraderes fra å være "dum" til å bli en "smart" bygning ved hjelp av dagens teknologi.

"Dette er umulig – la oss prøve", sa Tommy Hagenes, og dermed var det tomme, fraflyttede lokalet med en tannlege i kjelleren hans eget.

PropTech Bergen (Proptech Bergen, u.d.) er ca. 4 000 kvadratmeter næringseiendom. Daglig leder Tommy Hagenes betegner det som et teknologilaboratorium. Bygningen er lokalisert i Bergen og er fullt utleied (Saltnes, Proptech Bergen dobler utleiearealet, u.d.) (Hagenes, 2022) til 16 forskjellige bedrifter, blant annet start-up selskaper (Propotech Bergen, u.d.). I dag er PropTech Bergen utstyrt med flere hundre sensorer (ca. 300) (Saltnes, Byens «dummeste» bygg ble smart, 2021), og alt styres fra skyen via en app. Det betyr at samtlige av sensorene er

trådløse og at data hentes inn uten en eneste kabel. Batteriene varer i tre til fem år, og det tar bare noen sekunder å skifte dem. Dette trådløse universet har ikke alltid eksistert.

Da Hagenes flyttet inn i 2019, var han alene med en nøkkel. Han sier selv at ingenting fungerte, og han begynte en teknologioppgraderingsreise med sensorer og programmeringskompetanse i bagasjen. Etter innflytting ble først de eksisterende systemene som ventilasjon, varme og kjøling undersøkt og kartlagt med bruk av sensorer. Bygningen besto av en elkjele, et ventilasjonsanlegg og romkontroller med VAV-styring. Bygningen hadde et eksisterende tradisjonelt sentraldriftsteknisk (SD) anlegg, men det viste seg at alle VAV-spjeldene var av en serie som var defekte, noe de installerte sensorene og analyser viste etter hvert. Videre analyser viste at kjølepumpa fungerte dårlig og at VAV-spjeldene hadde låst seg. Deretter ble det installert avgangsnøkkel på mobil, deler av ventilasjonsanlegget ble byttet ut, de oppgraderte til sonespjeld og styring av ventilasjon, varme og kjøling gjøres i skyen via MQTT. Sensorene som har blitt installert i bygningen, logger luftfuktighet, temperatur, CO₂, lys, trykket i rommet, tilstedeværelse, radon og kjemikalier i lufta. Renholdet skjer for eksempel etter tilstedeværelse, luftmengder og temperatur etter CO₂-konsentrasjonen, og temperaturen i bygningen styres automatisk i forhold til utetemperaturer. Toma Eiendomsdrift AS drifter bygningen i dag. Figur 5 viser en skjermdump av en hel etasje hvor man kan få tilgang til innklimaparametre som radon, CO₂ konsentrasjon, relativ fuktighet med flere.



Figur 5. En hel etasje er tilgjengelig på nett, der man kan få tilgang til innklimaparametre i ulike rom. Kilde: Skjermdump tatt fra proptechbergen.no

Hagenes forteller at den nødvendige kompetansen var, i tillegg til en dose galskap, PropTech- og IT-kompetanse i teknologioppgraderingen. Han mener at det er viktig å rehabilitere, ikke rive som mange veiledere legger opp til. Ved hjelp av blant annet trådløse sensorer som kan settes på veggen, har de også sluppet unna kilometervis med kabler. Modellen "PropTech Bergen 1.0" er nå reddet fra rivningsdøden, og mens denne blir rehabilitert der sensorikk er nøkkelen, startes PropTech Bergen 2.0 (Saltnes, Skal teste proptech i en hel bydel, 2021) som skal undersøke PropTech i en hel bydel.

Proptech Bergen gikk fra å være en bygning som er frakoblet, til en tilkoblet bygning ved hjelp av sensorer. Tilgangen til den store mengden med data og grensesnitt som må til for å få sensorikken til å snakke sammen med ventilasjon, oppvarming og kjøling, er det som gjorde at bygningen har fått merkelappen "smart". Dette er også fellestrekkene for både PropTech Bergen og Karvesvingen 5: sensorikk og tilgang til data som muliggjør styring av diverse parametre i bygningene.

3. Metode

3.1 Valg av bygningsindikator

I denne studien har vi brukt *Smart by Powerhouse – Veileder for ressurseffektive og funksjonelle næringsbygg* til å undersøke hvor smarte dagens næringsbygninger i Norge er. Veilederen er enkel og oversiktlig, og gir innsikt i viktige prinsipper i flere kategorier.

Se tabell 1 for oversikt over de generelle kriteriene. Vi har valgt å fokusere på ID 1, muliggjørende teknologier, og ID 4, sikkerhet og pålitelighet. Se tabell 2.

Tabell 2. Powerhouse ambisjonsnivåer: *Smart by Powerhouse – Veileder for ressurseffektive og funksjonelle næringsbygg*, ID 1 Muliggjørende teknologier og ID 4 Sikkerhet og pålitelighet

ID	Funksjonskrav
	Muliggjørende teknologier
1.1	Bruk av åpne standarder for kommunikasjon mellom systemer og for muligheten til å utveksle data
1.2	Integrering av styringssystemer
1.3	Tilgjengeliggjøring av data, f.eks. ved bruk av sensorer og multisensorer
1.4	Innsamling av strukturerte data og analysing av disse
1.5	Modenhetsnivå på digital tvilling
1.6	Tekniske nettverk
1.7	Nettilgang for bygningens brukere
1.8	Mobil trafikk over trådløst nettverk
1.9	Posisjonering av mennesker og utstyr i bygningen
	Sikkerhet og pålitelighet
4.1	Informasjonsarkitektur
4.2	Cyber Security
4.3	Personvern
4.4	Skallsikring
4.5	Pålitelighet i energiforsyning og nettilknytning (data)
4.6	Tilstandsbasert drift og vedlikehold
4.7	Sikkerhetssystemer mot naturskader (brann, flom, overflatevann, jordskred o.l.)

3.2 Dybdeintervjuer

Dybdeintervjuer ble gjennomført via videomøter høsten 2020. Kriterier og utvalg til intervjuobjektene ble utformet og kan leses om nedenfor. Etter at utvalg var definert, ble det sendt e-post til aktuelle kandidater. Individuelle intervjuer ble utført, med varighet på mellom 0,5 og 1,5 timer. Intervjuguiden ble sendt til intervjuobjektene ca. en uke før intervjuet, og selve gjennomføringen av intervjuene var semistrukturert. Svarene fra intervjuobjektene er anonymisert for ikke å gjøre det mulig å identifisere personen eller bedriften de jobber i.

Prosjektet er registrert og godkjent hos NSD. Prosjektet ble avsluttet og godkjent 31.01.2021.

Det var ønskelig å undersøke svarforskjeller fra intervjuobjekter som har ulike bakgrunn, men arbeider med samme hovedtema, *digitalisering*. Derfor ble det bestemt å dele intervjuobjektene inn i to utvalg: Utvalg 1 skulle ha bakgrunn fra og/eller arbeide med digitalisering, teknologier, utvikling og prosesser. Utvalg 2 skulle ha bakgrunn fra og/eller arbeide med bygninger, ventilasjon, SD-anlegg og forvaltning, drift og vedlikehold (FDV).

Kriterier for intervjuobjektene var som følger:

- Minst 15 års erfaring og sentral i aktuelle prosjekter innenfor digitalisering (men med erfaring fra BAE-næringen) (utvalg 1)
- Minst 10 års erfaring fra FDV, ventilasjon, inneklime, SD-ingeniør eller liknende (utvalg 2)

I tillegg ble det lagt stor vekt på arbeid med relevante og interessante prosjekter.

Totalt ble 15 personer kontaktet. 10 personer var villige til å la seg intervju, henholdsvis 4 personer fra utvalg 1 og 6 personer fra utvalg 2. 8 intervjuobjekter arbeider i en bedrift på Østlandet og 2 arbeider i en bedrift på Vestlandet.

Intervjuguidene tar utgangspunkt i de tre forskningsspørsmålene. Intervjuguidene er presentert i hvert sitt underkapittel under. Hovedforskjellen mellom spørsmålene i utvalg 1 og 2 er at i utvalg 1 er spørsmålene mer rettet mot digitalisering og det overordnede bildet av BAE-næringen. Spørsmålene i utvalg 2 er mer fokusert rundt eiendomsporteføljen og bedriften intervjuobjektet arbeider i.

Powerhouse ambisjonsnivåer og funksjonskrav ble lagt til grunn for å beskrive Smartness level i dagens byggenæring, spørsmål 10 i intervjuguiden til utvalg 1 og spørsmål 14 til utvalg 2.

3.2.1 Intervjuguide, utvalg 1

Digitalisering av byggenæringen med fokus på forvaltning, drift og vedlikehold

1. Kan du fortelle litt om arbeidserfaringen din og kort hva du mener er digitalisering?
Definisjon/begrensninger
2. Kan du fortelle litt om prosjektene du arbeider med innenfor tema digitalisering, spesielt innenfor byggenæringen? I hvilken næring er det mest fokus på digitalisering om dagen, mener du?
3. Hva mener du er driveren til digitaliseringen av samfunnet vårt?
4. Hvordan tror du digitalisering kan påvirke samfunnet vårt? Områder/konsekvenser, totale energikostnader, sparing og verdiskapning.
5. Hvordan kan digitalisering påvirke byggenæringen? Hvordan kan byggenæringen påvirke digitaliseringen? Andre påvirkningsfaktorer?
6. Til hvilken grad utvikler dere sensorteknologi, benytter maskinlæring og kunstig intelligens (KI) i prosjektene du arbeider med?
7. Hvilke kunder eller typiske prosjekter etterspør dette? Hvor stor andel av disse er rettet mot byggenæringen?
8. Praktiske eksempler, teknologi som har blitt implementert / Hvilke teknologier benyttes per dags dato i bygninger? Technology readiness level, fungerer ting slik de skal?
9. Hvor digitale er egentlig næringsbygninger i dag? Hvis ikke digitale nok, hva er årsakene til det? Og hvis digitale, hva er årsakene til det?
10. Smartness level, se tabell 2 over, hvor mener du at vi er per dags dato i byggenæringen? Hvordan øker vi eventuelt denne? Hvilke barrierer har vi i bransjen? Hvordan kan vi gjøre det annerledes, og ikke minst i fremtiden?
11. Er det mangler du gjerne skulle ha dekket? Hvilke områder tror dere ville hatt mer utbytte av digitalisering? Hvorfor?
12. Hvor mener du at det mangler kunnskap innenfor digitalisering byggenæringen?
13. Hva tenker dere om fremtiden? Forventninger til fremtiden?
14. Hvis du ikke hadde fått noen begrensninger, hva kunne du ha tenkt deg? Beskriv din drømmebygning

3.2.2 Intervjuguide, utvalg 2

Digitalisering av byggenæringen med fokus på forvaltning, drift og vedlikehold

1. Kan du fortelle litt om arbeidserfaringen din?

Hvis dere drifter bygninger

2. Hvor mange bygninger og hva slags type bygninger drifter dere (næringsbygninger e.l.)?

Jeg regner med at dere har et SD-anlegg / bruker dere SD-anlegg for å overvåke bygningene.

3. Hvilken leverandør kommer SD-anlegg dere benytter fra? Hvorfor har dere valgt et bestemt SD-anlegg? Har visse leverandørene bedre rykte enn andre? Påvirkningskraft når det gjelder leverandør?
4. Kan du fortelle litt om driftsprosessen av bygningene dere drifter?

Vi flytter oss litt over til dine meninger rundt digitalisering.

5. Hvordan kan digitalisering påvirke byggenæringen? Trender? Hvilken effekt kan det ha?
6. Hvordan kan byggenæringen påvirke digitaliseringen?
7. Eksisterer det et mulig markedspotensial? Inntjening? Nye tjenester?
8. Hvilke barrierer mener du påvirker oss i fremtidig digitalisering? Hvilke barrierer hindrer etterspørsel fra kundene?
9. Hvilke tekniske barrierer eksisterer?
10. Hvorfor er vi ikke der tror du?
11. Hvilke tekniske, produkter og tjenester for byggenæringen eksisterer per dags dato? Kjøpe tjenester, digitale systemer, hvordan fungerer dette i praksis? For eksempel plattformer, IoT dingser, hvem bestemmer styringssystem av bygninger, drift?
12. Hvordan skal vi implementere dette i eksisterende bygninger? Er det nødvendig?
13. Hvordan kan vi øke automasjonsgraden i eksisterende bygninger? Hvordan implementeres dette? Hvordan implementeres dette i nybygg?
14. Smartness level, hvor mener du at vi er per dags dato i byggenæringen? Se tabell 2 over. Hvordan øker vi eventuelt denne? Hvilke barrierer har vi i bransjen? Hvordan kan vi gjøre det annerledes, og ikke minst i fremtiden?
15. Rangering av KPIer for drift og vedlikehold av bygninger

Brukere, økonomi, effekt og energi

16. Har bedriften du arbeider i KPIer? Har de definerte mål for ulike KPIene / ambisjoner om fremtidige reduksjoner i for eksempel økonomi, effekt eller energi? Hvordan ligger digitalisering plassert her?

Datadeling og synergier

17. Ideer om datadeling? Hva kan vi bruke de enorme mengder dataene til?

For eksempel Tesla, hva kan dette kombineres med, data fra ulike kilder, kan dette gi nye svar?

18. Har dere sett på mulighetene for å kombinere ulike kilder data? Hva kan vi skape med disse data havene? Hva mener du?

Styring og prosjekter

19. Kjenner du til terminologier som prediktiv styring, automatisk feildeteksjon, KI og maskinlæring?
20. Har du noen tanker rundt disse temaene?
21. Benytter bygningene dere drifter noen form for prediktiv styring, automatisk feildeteksjon, KI eller maskinlæring?

22. Er dere involvert i noen prosjekter som arbeider med dette?
23. Har du selv erfaring med dette?
24. Finnes det noen mangler i bransjen du gjerne skulle ha dekket?
25. Hvis du ikke har noen begrensninger, hva kunne du ha tenkt deg? Beskriv din drømmebygning

Er det noe du kommer på som jeg ikke har spurt om? Eller er det ting som du ikke har fått utdypet nok?

4. Hvorfor ønsker vi å digitalisere bygninger?

I dette kapitlet presenterer vi resultater fra både utvalg 1 og 2. Intervjuobjektene hadde varierende bakgrunn, og det påvirket naturlig nok svarene deres. Neste avsnitt er en oppsummering av intervjuobjektene betraktninger kategorisert etter drivere, trender, effekt og verdiskaping. Forfatterens subjektive tolkning av svarene er også inkludert. Figur 6 oppsummerer svarene fra utvalgene kategorisert etter drivere, effekt, verdiskaping og trender.

Drivere

Ikke alle intervjuobjektene svarte direkte på hvorfor bygninger digitaliseres. Hovedbudskapet var at det generelt arbeides med digitalisering for å øke effektiviteten til forskjellige prosesser som har mulighet for å optimeres, og at dette er noe som alle gjør for å oppnå FN's bærekraftsmål og Parisavtalen. Det var ingen betydelige forskjeller i svarene fra utvalg 1 og 2.

Effekt og verdiskaping

Det var ingen store forskjeller i svarene fra utvalg 1 og 2. Utvalg 1 hadde derimot generelt en litt mer overordnet og filosofisk tilnærming til effekt og verdiskaping.

Hovedbudskapet fra spørsmålene om effekt og verdiskaping er at digitalisering vil skape mer effektive prosesser. Verdiskapingen vil kunne måles i graden før og etter implementeringen av de nye tiltakene. Eksempler fra intervjuobjektene: Bruk av automatisk deteksjon av feil i ventilasjonsanlegg vil si at vi kan la systemet arbeide ved å redusere for eksempel kalenderbasert vedlikehold. Da sparer vi muligens bensin, unødvendig tid osv. Et annet eksempel kan være droner ved skadeinspeksjon av høye eller komplekse bygninger. Her kan vi spare tid, og ikke minst utstyr, og vi risikerer ikke liv og helse ved å klatre med seler.

Et av intervjuobjektene fra utvalg 1 sa følgende om effekt og verdiskaping av å digitalisere:

Det å digitalisere for å digitalisere er ikke så spennende, men det å få en effekt av å digitalisere som for eksempel bærekraft i byggebransjen ved å bygge mer effektiv arkitektur, prosesser og arbeidskraft. Dette vil også bidra til å øke likheter mellom kjønn da dette er noe alle kan bidra til. Dette vil også igjen skape flere arbeidsplasser, og der igjen øke tilgangen til utdanningen, og vi øker igjen nivået på prosessene våre.

Svarene som ble oppgitt flest ganger, var "mer effektive i arbeidsoppgavene våre". Videre ble det formidlet:

Dette er jo et resultat av digitalisering av oppgaven, prosessen eller teknologien som er implementert, at den fungerer og er målbar før og etter. For eksempel før og etter bruk av selvkjørende gravemaskiner, bruken av et nytt digitalt verktøy som gjør det enkelt og holde oversikt over arbeidsoppgaver, et simuleringsprogram som er enklere å bruke.

"Kostbesparende" og "energi, klimamål og bærekraftig utvikling" ble også nevnt flere ganger. En annen trend som ble nevnt, var "prestisje å gjennomføre, endre eller skape noe". Dette kunne for eksempel være å generere et nytt produkt for ventilasjon, et patent eller liknende.

Trender

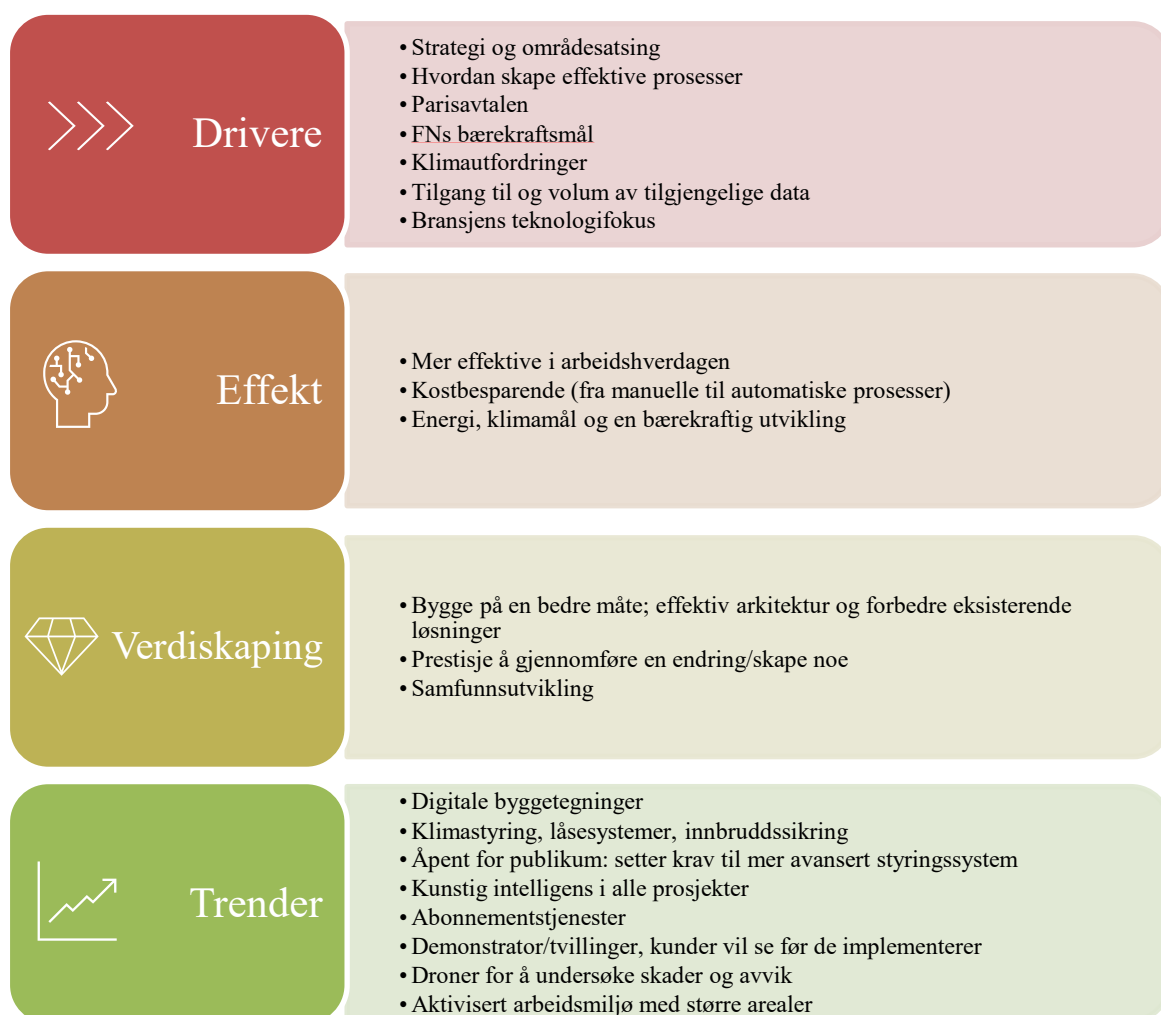
Med trender mener vi i denne sammenheng en trend som resultat av digitalisering eller utvikling som et resultat av oppdaterte standarder, krav, veiledninger osv.

Flere trender ble nevnt som et resultat av digitalisering av bygninger. Et intervjuobjekt nevnte spesielt at de nå arbeider med kunstig intelligens i alle prosjektene de har, noe de ikke gjorde for fem år siden. Andre svar fra intervjuobjektene var for eksempel heldigitale byggetegninger og byggeprosesser. Optimering av innbruddsikring, låssystemer som nøkkelkort eller telefon

med en QR-kode ble også nevnt. Bruken av droner for å undersøke skader på bygninger eller områder blir i større grad brukt nå enn tidligere. Et av intervjuobjektene nevnte også at kundene gjerne ville se en demonstrator eller en digital tvilling av sluttproduktet. Dette for å sikre implementering og funksjonskrav. En annen trend som har kommet de siste fem årene nevnt av et intervjuobjekt, var at næringsbygningene (for eksempel kontorbygninger, hoteller og kultur- og idrettsbygninger) har åpnet for publikum. Dette er for eksempel en kafe, en matbutikk, et treningssenter, oppholdsrom eller liknende. Det kan bidra til at det blir en større flyt av mennesker inn og ut av bygningene, som igjen skaper uforutsigbarhet i antall besøkende og ikke minst til de tekniske systemene.

Aktiviserte arbeidsplasser ble også nevnt, det vil si at folk arbeider samtidig som de går på en tredemølle. Dette var ikke et direkte resultat av digitalisering, men kunne bidra til økt trivsel på arbeidsplassen og kom av at det ga muligheter og alternativer til for eksempel ergonomi.

Abonnementstjenester i bygninger ble også nevnt, som er en ny tjeneste på markedet. Det betyr at man for eksempel selger ventilasjon eller varmesystem hvor service og gitte kriterier for inn klima og komfort ligger i selve abonnementet.



Figur 6. Drivere, effekt, verdiskaping og trender i dagens digitaliseringsprosess

5. Hvor smarte er næringsbygninger i dag?

Dette underkapitlet tar kun for seg resultatene fra utvalg 2 om kartlegging av den totale bygningsmassen og integrerte teknologier i næringsbygningene som intervjuobjektene forvalter, drifter og/eller vedlikeholder.

5.1 Klassifisering av dagens bygningsmasse etter Powerhouse ambisjonsnivåer

Intervjuobjektene i utvalg 2 besto av seks personer. Samlet besto den totale eiendomsporteføljen av ca. 5 000 næringsbygninger med et samlet areal på ca. 15 millioner kvadratmeter. Basert på statistisk sentralbyrå (Statistisk sentralbyrå, u.d.) er dette 13 % av den totale eiendomsporteføljen av kontor- og forretningsbygninger i Norge.

Intervjuobjektene rangerte selv deres eiendomsportefølge i *Smart by Powerhouse*-veilederen for å få en indikasjon på hvor bygningene lå ifølge ambisjonsnivåene.

Resultatene viste at 25 % av bygningene kunne klassifiseres i nivå 0 eller 1. Derimot var det kun en håndfull bygg som kunne klassifiseres i nivå 1–2. En mer detaljert gjennomgang av bygningene viste at det var funksjonskrav under ID 1 – "Muliggjørende teknologier" og ID 4 – "Sikkerhet og pålitelighet" som førte til at flere av disse bygningene ikke oppnådde et høyere ambisjonsnivå. Det skyldes at store deler av eiendomsporteføljen (75 %) besto av næringsbygninger med infrastruktur fra 1980 eller eldre, eller næringsbygninger fra 1980 som er renoverert til TEK10-standard.

For å kunne gi den eksisterende og den oppgradert bygningsmassen (75 %) et smartness level-nivå, ble det etter intervjuet lagt til to nivåer: -2 og -1. Av den undersøkte eiendomsporteføljen, kunne 75 % av bygningene klassifiseres i nivå -1 / -2. Tabell 3 definerer de to nivåene med enkle trekk.

Tabell 3. Nye nivåer av "smartness level" generert etter intervjuene

Nivå	Nivådefinisjon
Nivå -2	Eksisterende næringsbygninger fra 1980 eller eldre, ingen eller lite renovering, ingen integrasjon av teknisk infrastruktur, systemer eller sensorer Lite eller ingen instrumentering/logging av bygningsparametre og lite/ingen styring og overvåking av tekniske systemer Ingen automatisk interaksjon med brukerne i bygningen
Nivå -1	Eksisterende næringsbygninger fra 1980 (og renoverert eller delvis oppgrader) til senest TEK10 med noe teknisk infrastruktur og instrumentering Separate styringssystemer for ulike tekniske systemer. Ingen kommunikasjon mellom systemene

5.2 Drift og vedlikehold av bygninger

Svarene relatert til drift og vedlikehold av bygningene var varierende. Av den totale eiendomsporteføljen som har blitt undersøkt, var andelen bygninger som benytter en type digital overvåking via et SD-anlegg 68 %. Det vil si at 32 % av den undersøkte eiendomsporteføljen ikke hadde et SD-anlegg installert. Definisjon av et SD-anlegg innebærer i denne studien et anlegg som benytter seg av for eksempel BACnet, Dali, Modbus eller KNX til å kommunisere bygningsdata fra de respektive bygningene til overvåkningscentralen.

Intervjuobjektene opplyste også at det var varierende bruk når det gjaldt å drifte bygningene. Noen bedrifter har vaktmester i bygningen til alle tider, som også følger med på overvåkingen

av driftssituasjonen til SD-anlegget. Andre har en felles sentral hvor SD-ingeniørene sitter, og som dro ut på bygningene når det er nødvendig å sjekke alarmer eller liknende. Alle intervjuobjektene opplyste derimot at de har kalenderbasert vedlikehold med en serviceavtale eller hadde personell som dro ut på bygningene hvis det skulle oppstå en alarm eller en uforutsett hendelse. Det var derimot én bedrift som hadde prediktivt vedlikehold og kun driftspersonell til stede et par timer i uken.

6. Digitaliseringsprosess hos bedriftene

6.1 Bedriftenes ambisjoner

Intervjuobjektene ble spurt om deres ambisjoner angående digitalisering som kunne innebære:

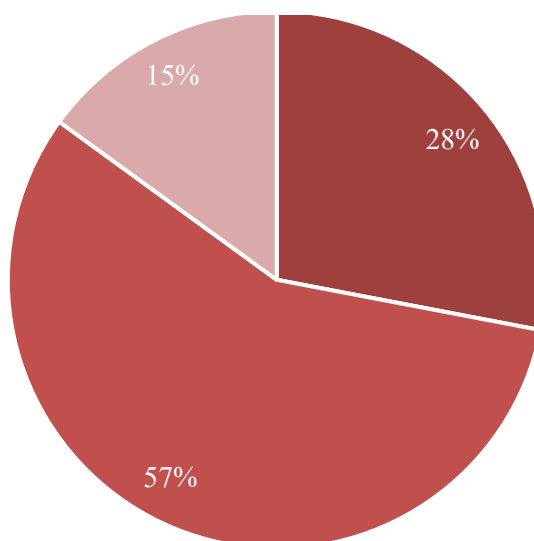
- endring av prosesser slik at de skulle bli digitale
- mer effektive, datadeling, styringsalgoritmer og framtidens styring
- om de arbeidet med noen prosjekter eller hadde pilotbygninger som demonstrerte dette
- om de hadde en FoU-avdeling eller områdesatsinger

Svarene ble deretter kategorisert i: 1) Nei, avventer, 2) Innledende fase og 3) Ja. Figur 7 viser andelen fra svarene til intervjuobjektene på dette spørsmålet. De fleste bedriftene var i en begynnerfase med å kartlegge komponenter, SD-anlegg og byggkategorisering – både fordi de ville ha oversikt og fordi de hadde ønsket om å "gjøre bygningene mer smarte". Dette ble nærmere forklart med at de ønsket å implementere enten flere sensorer, installere SD-anlegg i bygningene som ikke hadde det, eller endre leverandør av SD-anlegg fordi de ikke var fornøyd. Det var også flere av bedriftene som uttrykte at de ønsket å få smartere bygninger ved å dele data, men at skylagring og toveiskommunikasjon var "litt langt unna".

Noen av intervjuobjektene sa også at de avventet med implementering, endring eller digitalisering da det ikke var prioritert, at de ikke har kapasitet til å følge opp eller at de ikke innehar kompetanse. På en annen side var det også en bedrift som var veldig i førersetet her: De har implementert automatisk feildeteksjon og arbeidet med en skybasert toveis kommunikasjon for måledata.

Ambisjoner om digitalisering i bygningene?

- Avventer / Nei
- Innledende fase / arbeider med kartlegging
- Ja / Har implementert i pilotbygning

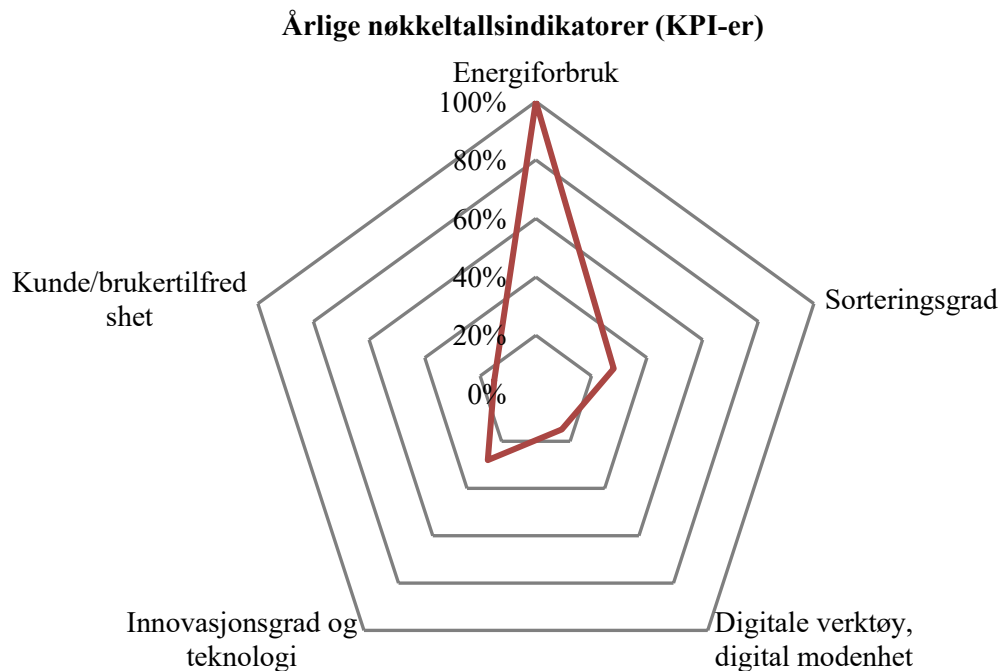


Figur 7. Ambisjoner om digitalisering/endring av prosesser i næringsbygningene. Intervjuobjektene svarer (N = 6).

6.2 Bedriftenes nøkkeltallsindikatorer

Bedrifter verden over har nøkkeltallsindikatorer (KPI-er) de arbeider mot hvert år – enten det er et årsresultat i form av økonomi, energi, sortering eller liknende. Intervjuobjektene ble også spurt om nøkkeltallsindikatorer i deres respektive bedrifter. I tillegg ble de spurt om de jobbet mot digitalisering, hvilke tanker de hadde rundt dette og om bedriften har en egen digitaliseringsstrategi. Figur 8 viser hvilke KPI-er bedriftene arbeider mot.

Hvilke KPI-er arbeider din avdeling, bedrift eller institutt mot årlig?

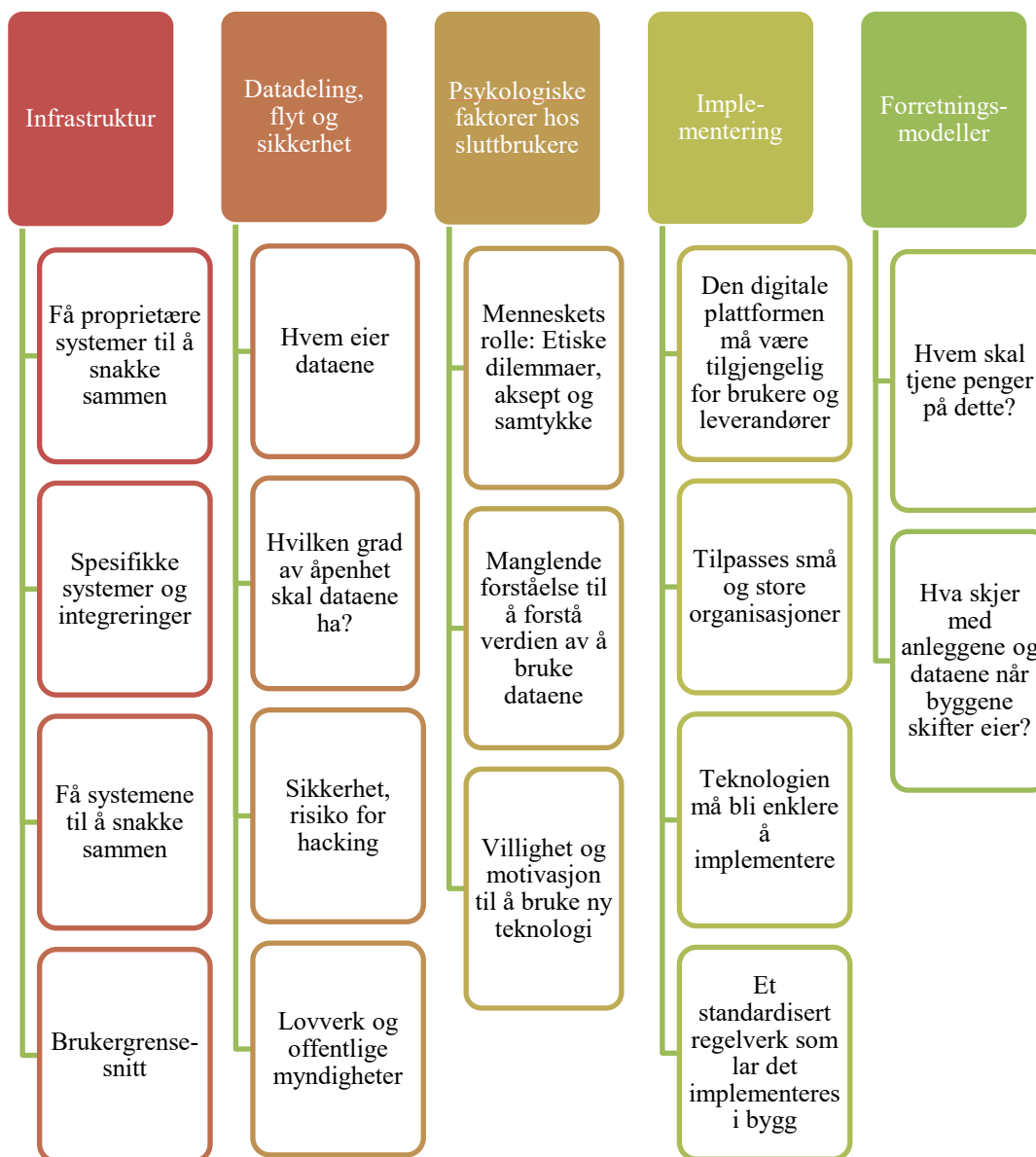


Figur 8. Nøkkeltallsindikatorer intervjuobjektene bedrifter arbeider med (N = 6)

100 % betyr at alle intervjuobjektene svarte at energiforbruk er noe bedriften årlig blir målt på eller måler mot. Sorteringsgrad, innovasjonsgrad og teknologi var det derimot kun 30 % av intervjuobjektene som svarte at bedriften arbeidet mot. Kun 15 % av bedriftene arbeidet mot digitale verktøy og digital modenhet (det vil si at det måles mot målt effektivitet av de implementerte digitale verktøyene). Det var også kun 15 % av bedriftene som hadde brukerundersøkelser, og endret fokus/atferd basert på resultatene.

7. Hvilke barrierer må vi overvinne?

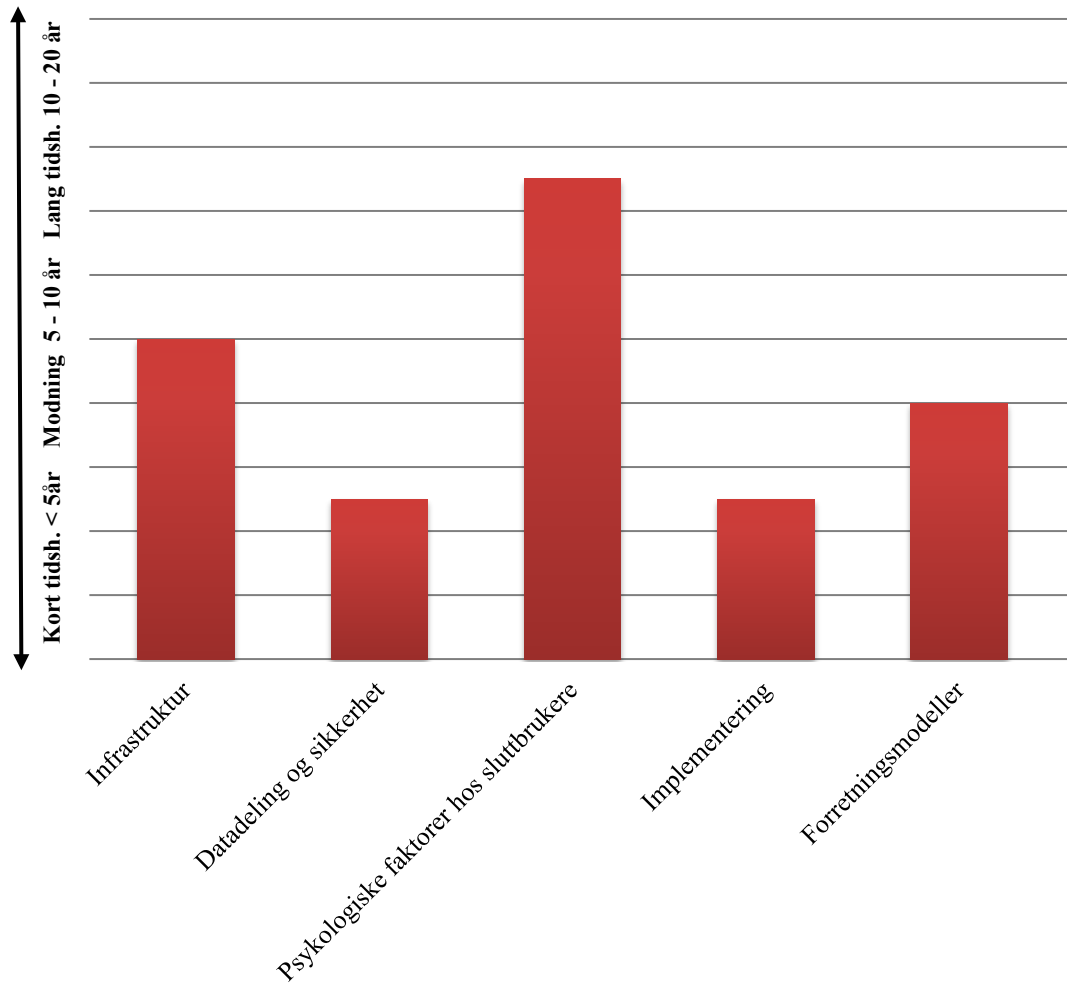
Barrierene som må overvinnes for å kunne fortsette å digitalisere prosesser, utvikle oss i retning av digitalisering i bygninger og gjøre bygninger smartere, presenteres i dette underkapitlet. Svarene fra begge utvalgene er inkludert. Svarene relatert til barrierene ble strukturert ut fra kategoriene som ble angitt av utvalg 1, men justert etter svarene fra utvalg 2. Begge utvalgene oppga ulike synspunkter innenfor de fem kategoriene som definert i Figur 9.



Figur 9. Barrierer og underkategorier nevnt av intervjuobjektene

I tillegg til å undersøke hvilke barrierer intervjuobjektene mener eksisterer, undersøkte vi hvilken tidshorisont de mener kreves for å overvinne disse barrierene. Figur 10 viser de overnevnte kategoriene og tidshorisonten på barrierene. På y-aksen ser vi tre tidshorisont: en kort tidshorisont (< 5 år), modning (5–10 år) og en langtidshorisont (10–20 år). Fra resultatene kan vi se at *Psykologiske faktorer hos sluttbrukere* er den barrieren som vil ta lengst tid å overvinne. De andre barrierene derimot strekker seg ikke lengre enn til modningstidshorisont. Per i dag undersøker flere prosjekter datadeling og sikkerhet, og implementering, og derfor ble disse to barrierene kategorisert under kort tidshorisont.

Tidshorisont på identifiserte barrierer



Figur 10. Tidshorisont på barrierene, intervjuobjektene svarer

I tillegg var det flere utfordringer, kunnskapshull og mangler som ble nevnt av intervjuobjektene når det gjaldt digitalisering av bygninger (utvikling, datadeling, datahåndtering, plattform, IoT-løsning osv.). Disse var vanskelig å generalisere under en bestemt kategori og presenteres derfor som sitater. Oversikten under viser de relevante sitatene fra intervjuobjektene.

Skape nye plattformer og verktøy som binder sammen gammel og ny teknologi.

Bygg- og anleggsbransjen har en million underleverandører, systemer osv. mot shipping/olje og gass hvor det kanskje er kun én underleverandør.

Vanskelig å implementere teknologien selv om TRL nivået er høyt.

Prediktiv styring / automatisk feildeteksjon – er kundene villige til å betale for dette? Hvor mye kommer de til å spare på dette? Det er det ingen som vet per dags dato.

Vi er i en kjempemodningsprosess, mange skjønner at dette er fremtiden og tviholder på sine systemer og nekter å dele. Litt som i en søknadsprosess og startup-ideer.

Hvor langt skal vi? Vi vet ikke helt hvilken effekt eller verdi dette har – er vel derfor vi ikke helt klarer å være innovative og "gutse".

I en byggeprosess tror vi digitalisering vil være veldig verdifullt da nesten 40 % går til venting.

Vi må opp i tempo for å kunne nå Parisavtalen/2030-mål, og vi har en tendens til å overvurdere.

Vi trenger innovasjonskompetanse.

For mange ingeniører, ikke nok balanse i markedet angående kompetanse, for lite software, store skylapper og lite logistikk.

Innovasjonskompetanse er avgjørende, de har en tendens til å være flinkere til å prøve nye ting enn ingeniører.

8. Oppsummering

Denne studien er basert på et begrenset utvalg av intervjuobjekter (10 stk.), derav fire eksperter innenfor digitalisering med en sentral og ledende stilling i deres bedrift (utvalg 1), og seks ventilasjonseksperter med mange års erfaring i bransjen (utvalg 2). Et semistrukturert dybdeintervju har blitt valgt som metode fordi det gir mulighet for toveiskommunikasjon hvis det skulle være noe uklart, men det kan også ha påvirket kommunikasjonen mellom intervjuobjekt og intervjuer. På en annen side har spørsmålene vært konsekvente gjennom alle intervjuene for utvalg 1 og 2 så mye av dette kan skyldes sammensetningen av intervjuobjekter. Utvalg 1 var ansett som digitaliseringseksperter og ga litt mer filosofiske og overordnede svar/diskusjoner og var til tider litt mindre konkrete enn utvalg 2. Noen av svarene er derfor kategorisert basert på førsteforfatterens egen tolkning. På grunn av begrenset tid og intervjuobjektens ulike fokus på spørsmålene, ble ikke alle spørsmålene besvart av alle. BAE-miljøet er ikke spesielt stort i Norge, og utvalget er derfor ansett som representativt.

BAE-næringen har vært gjennom mange endringer de siste 20 årene. Eksempelvis har det vært endringer i byggeteknisk forskrift (blant annet krav om balansert ventilasjon). Bruken og implementeringen av behovsstyrt ventilasjon (DCV) har også florert de siste 10 årene. En kan ofte observere endringer og prosesser i bedriftene etter at slike teknologier eller krav er implementert. I intervjuene ble det ikke undersøkt om for eksempel "store, banebrytende eller hva som har skutt fart på markedet" har hatt en effekt på digitaliseringstrenden de siste 10 årene.

Smart by Powerhouse er en norsk veileder med kriterier med rom for tolkning. Dypere analyser kunne ha blitt gjennomført med for eksempel Smart Readiness Indicator (SRI). Kun en håndfull bygninger hadde utvalgte elementer fra nivå 2 eller 3, men havnet gjennomsnittlig på nivå 1-2 grunnet kriteriene i denne veilederen.

Følgende konklusjoner kan trekkes fra denne studien:

1) Det er enighet om hvorfor vi ønsker å digitalisere bygninger, men det er et tydelig sprang til gjennomføring av digitalisering.

Det er enighet om drivere, effekt, verdiskaping og trender av digitalisering hos de intervjuede bedriftene. Det er ingen tvil om at Parisavtalen, FNs bærekraftsmål og energieffektivisering er drivere til digitalisering. Det er et stort potensial for energieffektivisering i byggenæringen, spesielt knyttet til oppvarming. Her kan blant annet bruken av eksisterende teknologi som sensorikk og historiske data være viktige verktøy å ta i bruk for å realisere/oppnå målene når det gjelder energieffektivisering i både nye og eksisterende bygningsmasse.

Ambisjonene og visjonene til bedriftene speiler ofte et mål de ønsker å leve opp til. 80 % av intervjuobjektene svarte at de arbeidet med eller hadde et mål om å digitalisere eller delta i forskningsprosjekter som handler om digitalisering av bygninger. Det viser at bransjen ønsker å være med på endringen, men utviklingen av implementering av digitale og smarte løsninger går sakte.

Nøkkeltallsindikatorene til intervjuobjektens tilhørende bedrift var varierende og få. 100 % av intervjuobjektene opplyste at de ble målt på energiforbruk, men kun 15 % rapporterte at de måles på digitalisering eller digital modenhet. Det viser at det er et potensial for å utvikle nøkkeltallsindikatorer for digitalisering. Med dagens initiativer og oppfordringer fra Europakommisjonen var det overraskende at ingen av bedriftene hadde flere mål om å følge opp disse strategiene.

2) Dagens bygninger er ikke smarte, men er godt på vei.

Resultatene i denne studien viser at kun 25 % av den undersøkte eiendomsporteføljen på 15 millioner m² og 5 000 næringsbygninger kunne klassifiseres i nivå 1, *Smart by Powerhouse*. De resterende bygningene kan ikke klassifiseres i noen av nivåene.

Basert på en analyse med bruk av funksjonskrav (ID 1 og 4) i veilederen *Smart by Powerhouse* kan det konkluderes med at per i dag er det høyst sannsynlig at det ikke er noen bygninger i Norge som fullverdig tilfredsstillende ambisjonsnivå 3 eller 4.

Derimot var det noe overraskende at kun 1/4 av intervjuobjektene eiendomsportefølje kunne bli kategorisert som nivå 1. Vi får ofte inntrykk fra dagens medier at eksisterende bygninger er smarte og banebrytende. De to bygningene som ble presentert innledningsvis, ble også ansett som "smarte" på grunn av tilgangen til et mangfold av sensorer, data og grensesnitt som gjorde det mulig å styre deler av bygningen basert på behov. Hvis disse to bygningene ble vurdert etter "Smart by Powerhouse"-nivåene, ville de bli plassert mellom nivåene 1 og 2. Dette viser hvor *lite* smarte næringsbygninger faktisk er basert på Smart by Powerhouse-veilederen.

Barrierene for å kunne digitalisere bygninger videre, utnytte de smarte løsningene i bygninger eller øke graden av digitalisering ble kategorisert, og var som følger: infrastruktur, datadeling og sikkerhet, implementering, psykologiske faktorer hos sluttbrukere og forretningsmodeller. Den barrieren som vil ta lengst tid å overvinne, er *psykologiske faktorer hos sluttbrukere*, som flere av intervjuobjektene mente kunne ta opp mot 20 år.

Referanser

- +CityxChange. (n.d.). Retrieved from <https://cityxchange.eu/>
- Atea Bygget - Norges smarteste kontorbygg. (n.d.). Retrieved from <https://norskbyggebransje.no/ostlandet/haslelinje-atea-bygget>
- BREEAM. (n.d.). Retrieved from <https://www.breeam.com/?cn-reloaded=1>
- Buildings Performance Institute Europe. (n.d.). *BPIE is a leading independent centre of expertise on energy performance of buildings*. Retrieved from <https://trends.google.com/trends/explore?cat=174&date=all&q=digitalisering>
- Buildings Performance Institute Europe. (n.d.). *Smart buildings decoded. A concept beyond the buzzword*. Retrieved from <https://www.bpie.eu/publication/smart-buildings-decoded-a-concept-beyond-the-buzzword/>
- Construction21 International. (n.d.). *A concrete definition of a “smart building” to be placed at the heart of EU policymaking*. Retrieved from <https://www.construction21.org/articles/h/a-concrete-definition-of-a-smart-building-to-be-placed-at-the-heart-of-eu-policymaking.html>
- Construvtion City Cluster. (2020). *Bedre utnyttelse av stordata skal gi smartere eiendomsdrift*. Retrieved from <https://constructioncity.no/article/bedre-utnyttelse-av-stordata-skal-gi-smartere-eiendomsdrift>
- Den Norske Regjeringen. (n.d.). *Digitalisering i offentlig sektor*. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/no/tema/statlig-forvaltning/ikt-politikk/digitaliseringen-i-offentlig-sektor/id2340245/>
- Dette er et av Europas smarteste bygg*. (2020). Retrieved from <https://www.atea.no/siste-nytt/dette-er-et-av-europas-smarteste-bygg/>
- DGNB. (n.d.). Retrieved from <https://www.dgnb-system.de/en/system/index.php>
- Ekspertgruppen for datadeling i næringslivet. (2020). *Rapport fra ekspertgruppen for datadeling i næringslivet*. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/c98cce6745b0486c948c269dc80335c8/rapport-fra-datadelingsutvalget2.pdf>
- Energi21 og Digital21. (2020). *Digitalisering av energisektoren: Anbefalinger om forskning og innovasjon*. Retrieved from https://digitalnorway.com/content/uploads/2020/07/energi21_digital21_2020-digital-versjon-lq-enkeltsider.pdf
- European Commission. (n.d.). *A Europe fit for the digital age: Empowering people with a new generation of technologies*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age_en
- European Commission. (n.d.). *EU Mission: Climate-Neutral and Smart Cities*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/climate-neutral-and-smart-cities_en
- Fra reaktive til proaktive bygg med datadrevet intelligent styring*. (2021). Retrieved from <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/fra-reaktive-til-proaktive-bygg-med-datadrevet-intelligent-styring/>
- Hagenes, T. (2022). *Beliggenhet, beliggenhet, beliggenhet*. Retrieved from <https://nemitek.no/nemitek-spaltist-tommy-hagenes/beliggenhet-beliggenhet-beliggenhet/290020>
- IEA EBC - Annex 81 - Data-Driven Smart Buildings. (n.d.). Retrieved from <https://annex81.iea-ebc.org/>
- Krekling Lien, S., Ahang, M., Byskov Lindberg, K., & Fjellheim, Ø. (2020). *ZEN case study: End user flexibility potential in the service sector*. SINTEF Community. Retrieved from https://fmezen.no/wp-content/uploads/2021/11/ZEN-Report-no-36_ENERGY-AND-POWER-ESSENTIAL-KEY-PERFORMANCE-INDICATORS-FOR-ZERO-EMISSION-NEIGHBOURHOODS.pdf
- Osmundsen, K., Iden, J., & Bygstad, B. (2018). *Hva er digitalisering, digital innovasjon og digital transformasjon? NOKOBIT 2018 - Norsk konferanse for bruk av*

Digitalisering av bygninger i drift

HVOR SMARTE ER NÆRINGSBYGNINGER I DAG?

Europakommisjonens ambisjon om å gjøre Europa til verdens første klimanøytrale kontinent innen 2050 er avhengig av digitale teknologier og løsninger som kunstig intelligens (KI), 5G, tingenes internett (IoT), skytjenester og "edge computing" for effektiv utnyttelse av energi og ressurser. Men hvor "smarte" er egentlig næringsbygninger i dag, og hvor mye av den tilgjengelige digitale teknologien har blitt tatt i bruk?

Denne rapporten presenterer resultatene fra en kartleggingsstudie om digitalisering av bygninger i drift og hvor smarte næringsbygningene i Norge er i dag. Vi har gjennomført dybdeintervjuer med 10 intervjuobjekter og anvendt funksjonskravene ID1 og 4 i veilederen *Smart by Powerhouse*. Intervjuobjektene ble delt i to utvalg: fire digitaliseringseksperter (utvalg 1) og seks ventilasjons-/energi-/inneklimaeksperter (utvalg 2). Basert på svar fra begge utvalgene har vi identifisert og analysert drivere, trender, effekt og verdiskaping. Videre har vi kartlagt barrierer og tidshorisont for digitalisering, utvikling og økning av smartness i bygninger.