

Copyright © 2019 by  
Norges Tekniske Vitenskapsakademi  
All Rights Reserved  
John Grieg Forlag

1. utgave / 1. opplag 2019

ISBN: 978-82-533-0374-1

Grafisk produksjon: John Grieg, Bergen  
Grafisk design: Fagbokforlaget  
Omslagsdesign: Fagbokforlaget  
Omslagsillustrasjon: ©Shutterstock/pzAxe  
Skrift: Proxima nova / Garamond 3 LT Std  
Papir: 100 gr. Arctic Silk+

Spørsmål om denne boken kan rettes til:  
Norges Tekniske Vitenskapsakademi  
Lerchendal Gård  
Strindvegen 2  
7034 Trondheim  
e-post: [post@ntva.no](mailto:post@ntva.no)  
[www.ntva.no](http://www.ntva.no)

Materialet er vernet etter åndsverkloven.  
Uten uttrykkelig samtykke er eksemplarfremstilling  
bare tillatt når det er hjemlet i lov eller avtale med Kopinor.

# FORORD

Norges Tekniske Vitenskapsakademi ser det som en av sine hovedoppgaver å belyse hvordan teknologisk utvikling påvirker samfunnet. Teknologi har i hele menneskehetens historie vært en viktig drivkraft for utvikling som har tjent menneskeheten, og den har vært grunnlaget for utvikling av vår velstand og velferd. Vi er i en tid der den teknologiske utviklingen går raskere enn noensinne. Utviklingstrendene griper inn i hverandre og skaper en kompleksitet som gjør det svært krevende å danne seg et bilde av helheten.

Teknologi skaper muligheter, men også potensielle problemer. Det er en viktig oppgave å søke og forstå dette bildet, slik at man kan påvirke utviklingen i retninger som er til nytte for menneskeheten, og forhindre at ikke-ønskede virkninger blir resultatet.

NTVA ga i 2017 ut første bind i det vi planlegger skal bli en serie om temaet «Teknologien endrer samfunnet». Den omhandler en rekke muliggjørende teknologier enkeltvis.

Her foreligger bind II i serien, der vi har bedt mennesker med innsikt i noen utvalgte bransjer og samfunnsområder om å reflektere over hvordan de tror disse områdene samlet sett vil påvirkes av teknologienes endringskrefter. Det er ikke slik at det først og fremst er teknologer som besitter slik innsikt. Temaene krever innsikt fra samfunnsområdene og oftest fra personer med helt annen fagbakgrunn enn teknologi. Dette gjenspeiles i forfatterlisten.

Våre forfattere foregir ikke å ha en krystallkule som gjør at de kan lage en fremskriving i form av et presist varsel om hvordan utviklingen vil gå. Snarere deler de tanker med oss om hvilke muligheter teknologiene gir, og i hvilke retninger drivkreftene i teknologiene vil drive bransjene og samfunnsområdene.

Vi konstaterer at spørsmålet ikke er *om* endringene vil finne sted, men hvor raskt de kommer. Digitaliseringen av samfunnet handler om å bruke muliggjørende teknologier til å skape nye virksomheter og endre gamle.

Samtidig må vi ha et bevisst forhold til hva slags samfunn vi vil ha, og hvem som skal bestemme rammevilkårene. Vi står overfor politiske valg om hvem som skal eie infrastrukturene og styre tilgangen og bruken av data.

Jeg vil gjerne takke alle som har bidratt til at denne boken har blitt til. Først og fremst er det forfatterne som har delt sin innsikt og sine vurderinger med oss. En stor takk går også til redaksjonskomiteen, som har gjort utvalget av samfunnsområder, tatt ansvar for å finne innsiktsfulle forfatterne, jobbet sammen med dem i å utvikle temaene og sydd det hele sammen til den boken du nå har foran deg. Bidragsyterne har nedlagt en betydelig innsats.

NTVA håper at boken gir stoff til ettertanke og også til engasjement i å bidra til å belyse disse spørsmålene videre. Vårt akademi har til intensjon å fortsette arbeidet med å skape innsikt som gjør at vi får en opplyst diskusjon i samfunnet om hvilke muligheter og utfordringer den teknologiske utviklingen gir.

*Trondheim, desember 2018*

*Torbjørn Digernes, president i NTVA*

# INNHOOLD

<b>1.</b>	<b>DET NYE DIGITALE NORGE .....</b>	<b>15</b>
	Muliggjørende teknologier .....	16
	En ny industriell revolusjon.....	17
	Fremtidens jobber .....	18
	Digital transformasjon.....	20
	Den digitale transformasjonen er et lederansvar .....	20
	Konklusjon .....	23
<b>2</b>	<b>SMARTERE BYER – SMARTERE LIV .....</b>	<b>27</b>
	Hvem vil ikke være «smart»?.....	28
	Smartbyens muligheter .....	29
	Den skjulte smartbyen .....	29
	Mot en felles forståelse av «smartbyer»? .....	30
	Smarterhet avhenger av kontekst .....	31
	Tre tilnærminger til smartby i EU.....	32
	Nøkler til et vellykket smartbyprosjekt .....	34
	Tilpasset teknologi – eller tilpassede mennesker?.....	34
	Smartby som bærekraftsstrategi.....	34
	Smartbyen oppsummert: muligheter og farer.....	35
<b>3.</b>	<b>OPERASJONENE SOM FORSVANT .....</b>	<b>39</b>
	Magesår.....	40
	Kikkhullskirurgi .....	41
	Roboter .....	42
	Digitaliseringen av helsevesenet .....	42
	Virtuell virkelighet inn på operasjonsstuen.....	43
	Genetikk.....	46
	Kunstig intelligens og stordata .....	47
	E-helse – helse på internett.....	48
	Sykehuset hjem til pasienten .....	48
	Medaljens bakside .....	48
<b>4.</b>	<b>VELFERDSTEKNOLOGI I FOLKETS .....</b>	<b>51</b>
	<b>HELSETJENESTE</b>	
	Samfunnsutfordringer og drivkrefter .....	52
	Velferdsteknologi og e-helse – hva er det, egentlig?..	53
	Digital samhandling og beslutningstøtte for mer .....	54
	effektive arbeidsprosesser	
	Helsehjelp på nye måter .....	56
	Trygghetsskapende teknologi .....	56
	Mestringsteknologier med avstandsoppfølging .....	58
	Oppsummering og perspektiver for fremtiden.....	61

<b>5.</b>	<b>DEN BILLIGSTE KILOWATTIMEN.....63</b>	Ingen korrupsjon – ingen risiko .....95
	Elementer som del av energieffektivisering .....65	Smarte kontrakter .....96
	Energieffektiv prosessering .....66	Energisløsning .....97
	Utnyttelse av overskuddsvarme .....67	PSD2 og «Open Banking» .....97
	Energilagring i et integrert energisystem.....68	IOT og M2M .....99
	Industriklynger – integrasjon av energikilder .....68	
	og -sluk på tvers av sektorer	
	Alternative energibærere og karbonfangst .....70	
	Perspektiver for fremtiden .....71	
<b>6.</b>	<b>KLIMANØYTRALE BYGG OG NABOLAG .....73</b>	<b>9.</b>
	Hva er et nullutslippsbygg? .....75	<b>UTEN SJÅFØR.....101</b>
	Varmeisolasjon og tetting .....76	Elektrifisering og brenselcelleteknologi.....103
	Klimatisering .....77	Pris og attraktivitet .....104
	Fra nullutslippsbygg til nullutslippsområder.....78	Automatisering/selvkjørende biler.....105
	Den mest miljøvennlige energien er den man .....79	Jus og sikkerhet .....107
	ikke bruker	Digitalisering .....108
	Gode steder å være .....79	Handel .....109
<b>7.</b>	<b>SMARTE HUS SOM SOLCELLEKRAFTVERK 83</b>	Forretningsmodeller .....109
	Den globale utviklingen.....84	Den oppkoblede bilen .....110
	Utviklingen i Norge.....85	Begreper.....111
	Solceller i smarte hus.....87	Kilder .....111
	Konklusjon .....89	
<b>8.</b>	<b>TRENGER VI BANKEN? .....91</b>	<b>10.</b>
	Mobilt internett .....92	<b>TOG SOM TENKER SELV .....113</b>
	Konkurransesituasjonen endres.....93	Fra gammel til ny teknologi.....114
	Person til person (P2P).....94	Trafikklysene forsvinner.....115
	Bitcoin og blokkjede .....94	Trafikkstyring .....115
		Selvkjørende autonome tog.....116
		Automatisering .....116
		Batteri eller hydrogen? .....117
		Mobilitetsaktør .....117
		Kundetjenester.....118
		Jernbanens rolle blir utfordret .....118

**11.****SJØTRANSPORT SLÅR TILBAKE.....121**

Sjøtransportens rolle i den globale økonomien .....	122
Hva betyr de globale megatrendene for fremtidens sjøtransport?	
Drivkraft 1: miljø- og klimapolitikk .....	123
Teknologiutviklingen.....	124
Teknologi for redusert utslipp .....	126
Operasjonelle tiltak for redusert energiforbruk .....	127
og utslipp	
Drivkraft 2: teknologirevolusjonen .....	128
– fra Industri 4.0 til Shipping 4.0	
Autonomi og robotikk .....	129
Internet of Services at Sea .....	129
Shipping 4.0s påvirkning på sjøtransporten.....	130
Autonomi.....	130
Internet of Services at Sea .....	132
Trender i forskningen .....	132
Hvor går vi nå? .....	133

**12.****TEKNOLOGI SOM DET MULIGES KUNST...135**

Konkurranse og sikkerhet.....	136
Tradisjonelle fly – komposittmaterialer, .....	137
digitalisering, og drivstofføkonomi	
Den gjennomkoordinerte luftfarten .....	140
Fjernstyrte fly, selvkjørende fly, elektriske fly? .....	141
Trenger vi luftfart i det hele tatt? .....	143
Revolusjonen uteblir .....	144

**13.****DIGITAL KONKURRANSEKRAFT .....147**

Hva er produksjonsvirksomhet? .....	148
Fra «verkstedet nede i gata» til en verdensledende nisjeindustri	
Den neste epoken .....	150
Norsk vare- og tjenesteproduksjon i 2019 .....	151
«Is this time different?» .....	152
Data og digitale plattformer.....	154
Teknologier som endringsdrivere.....	154
Betydning for norske produksjonsvirksomheter .....	155
Arbeidsoppgaver og sysselsetting .....	157
Betydningen av å forstå det nye i kundebegrepet .....	157
Innovasjon.....	158
Paradigmeskifte, revolusjon eller evolusjon? .....	159
Digitalisering innen olje- og gassnæringen, .....	159
eksempel fra Aker BP	
Hvordan digitale tvillinger endrer industrier .....	160
– eksempel fra KONGSBERG	
Industribedriften bygger nye tjenester til .....	162
sluttkunden – eksempel fra Yara	

**14.****UBERØRT AV MENNESKEHENDER .....165**

Bærekraftig utvikling.....	166
Matindustri 4.0.....	167
Smarte sensorer måler maten .....	168
Bioteknologiske prosesser.....	169
Roboter lager maten.....	170
Små fleksible produksjonslinjer .....	171
Våre digitale spor styrer produktutviklingen .....	172
Forsvinner matbutikkene? .....	173
Utfordringer og barrierer.....	174

<b>15.</b>		
<b>Å LYTT TIL PLANTENES BEHOV .....</b>	<b>177</b>	
Teknologi i jordbruket .....	179	
Jordbruket i Norge i dag, ikke bare fordeler .....	180	
Sensorsystemer .....	181	
Sensorer for innsamling av data .....	182	
Kamerateknologi i jordbruket .....	183	
Presisjonslandbruk .....	185	
Automatiserte systemer i matproduksjon.....	185	
Oppsummering/perspektiver for fremtiden.....	187	
<b>16.</b>		
<b>MATPRODUKSJON OG BÆREKRAFT .....</b>	<b>189</b>	
Lakselus .....	191	
Fiskevelferd og skånsom håndtering .....	192	
Rømming.....	194	
Arbeidsmiljø, helse og sikkerhet.....	194	
Utviklingstrekk 1: digitalisering og mer kontroll ..	195	
i operasjoner		
Stordata og maskinsyn.....	196	
Autonomi og fjernstyring .....	196	
Utviklingstrekk 2: nye anleggskonsepser.....	197	
Mer eksponerte anlegg .....	198	
Hvor er vi på vei? .....	198	
<b>17.</b>		
<b>BILLIGERE OG MER MILJØVENNLIG .....</b>	<b>201</b>	
Dagens situasjon .....	202	
Bygningsinformasjonsmodeller og parametriske .....	203	
design		
Virtuell og utvidet virkelighet.....	204	
Industrialisert bygging og 3D-printing.....	205	
Robotisering .....	205	
Internet of Things .....	206	
		Smarte bygg.....
		206
		Droneteknologi.....
		207
		Perspektivene videre.....
		208
<b>18.</b>		
<b>FRA DIGITALE DRØMMER TIL .....</b>	<b>211</b>	
<b>DIGITALDOMINO?</b>		
Kikke inn i krystallkula .....	212	
Situasjonen i Norge.....	213	
Kort om netthandel i Norge i 2017.....	214	
Norske forbrukere og ny teknologi .....	214	
Norsk handelsnæring – et gullegg eller en .....	215	
samling Kodak-bedrifter?		
Et sprikende bilde .....	216	
Nye teknologier .....	216	
De digitale handelsplattformene utkonkurrerer .....	218	
tradisjonelle handelsnæringer		
Digitale transformasjoner – sporer ingen av dem av?.....	220	
Hvordan forberede seg på endringene? .....	220	
Hva norske handelsbedrifter kan gjøre.....	221	
Avslutning .....	222	
<b>19.</b>		
<b>KAOS OG MULIGHETER .....</b>	<b>225</b>	
Endringer i medienes teknologi.....	226	
Innovasjon i media .....	227	
Historisk utvikling for digital publisering .....	228	
av nyheter		
Kategori 1: Plattformer .....	229	
Kategori 2: Programvare .....	231	
Kategori 3: Gjenstander og datahøsting .....	234	
Kategori 4: Utvidet og virtuell virkelighet.....	236	
Journalistiske medier i fremtiden .....	238	
Papiravis i 2028?.....	239	

**20.****GODE RÅD BLIR DIGITALE.....243**

Hvordan en rådgiver løser et oppdrag .....	244
Problemerkaffelse – å få et oppdrag .....	245
Informasjonsinnhentning og analyse.....	246
Diagnose (løsningsforslag).....	248
Tiltak – å faktisk gjennomføre ting .....	249
Kontroll – problem løst eller ny runde?.....	249
Problemrepresenterende teknologi – fra digitale .....	250
tegninger til digitale tvillinger	
Ressursmobiliserende teknologi – fra faste linjer .....	251
til modulbaserte grensesnitt	
En rådgivers langsiktige strategiske utfordring.....	252

**21.****SAMSTYRING, GJENBRUK OG DELING.....255**

Digitalisering.....	256
Interoperabilitet .....	257
Samstyring .....	258
Muliggjørende teknologier i offentlig sektor .....	260
Hvor er vi i 2030?.....	262
Samarbeid, gjenbruk og deling.....	263
Avslutning .....	264

**22.****DIGITALE LÆRINGSARENAER .....269**

Hva trenger vi for å kunne lære?.....	271
Nysgjerrighet som drivkraft for læring.....	271
Skolen bryter med våre naturlige forutsetninger .....	272
for å lære	
Dataspill – arena for læring .....	273
Plattformer og stordata som grunnlag for .....	276
adaptiv læring	
Fra naturlig dumhet til kunstig intelligens .....	278

Virtuell og blandet virkelighet skaper nye .....	280
opplevelser og nye betingelser for læring	
Sosial samhandling og læring .....	281
Universiteter og voksnes læring.....	282
Hva trenger vi å lære? .....	284
Konklusjon: teknologi, organisasjon eller politikk? .....	285





Virtuell virkelighet anvendes ved utforming av fremtidens byer. Illustrasjon: Stambol Studios.

## 17.

Digitalisering i bygg- og anleggsektoren

# BILLIGERE OG MER MILJØVENNLIG

*Anett Andreassen*

Bygg og anlegg sysselsetter 250 000 mennesker og er Norges største fastlandsnæring. Den er fragmentert, forurensende, og har hatt en negativ produktivitetsutvikling. Men noe er på gang. Digitalisering skal bidra til å halvere utslippene av klimagasser og redusere kostnadene med 25 prosent.



**Anett Andreassen** er utdannet siviløkonom fra Handelshøgskolen i Bodø, med spesialisering innen markedsføring.

Andreassen har de siste 13 årene jobbet i Statsbygg, en statlig forvaltningsbedrift som gir råd om, bygger og forvalter eiendom i statlig sivil sektor. I årene i Statsbygg har hun jobbet med bygge-

prosjekter, strategi, virksomhetsstyring og forvaltning. Hun har erfaring fra både små og store IKT-prosjekter og leder for tiden Statsbyggs digitale satsing, Digibyg.

Bygg- og anleggsnæringen (BAE-næringen) omsetter for 520 milliarder kroner årlig (2018). Næringen består av mange ulike aktører som jobber hver for seg, med forskjellige premisser og insentiver. Evnen til å overføre erfaring fra et prosjekt til neste er liten. Næringen har også mange steder vært preget av mangel på seriøsitet, med svart arbeid, mangel på fagarbeidere og HMS-utfordringer som noen av elementene. Fagarbeidere og tilgang på nok og riktig kompetanse vil også bli en utfordring fremover, samt at det vil være viktig for næringen å se på måter å omstille seg på.

## DAGENS SITUASJON

BAE-næringen har et stort potensial i å utnytte mulighetene som ligger i bruk av teknologi på nye og andre måter. Verdikjeden består av et stort spekter av forskjellige aktører med varierende grad av kompetanse på hvilke teknologiske muligheter som finnes. Næringen står ovenfor flere utfordringer, en av disse er hvordan den skal klare å øke produktiviteten. En annen utfordring er hvordan næringen skal klare å redusere klimagassutslippene fra byggene. Bygg står for om lag 40 prosent av alt energiforbruk og 30 prosent av klimagassutslippene.

Til tross for utfordringene ser vi en næring som begynner å snu seg. I England er det gjort en kartlegging som viser et stort potensial for besparing. Hvis vi legger de samme antakelsene til grunn for næringen i Norge, ligger det en potensiell besparelse på 100 milliarder kroner i ny teknologi og digitalisering. Forutsetningen for å lykkes er at næringen jobber sammen og ikke digitaliserer hver for seg.

Dersom Norge ikke lykkes i dette arbeidet, ligger det en stor risiko for at det vil komme aktører fra andre land som kan bygge billigere og bedre, og dermed utkonkurrere norske bedrifter. Klarer vi derimot å få til nye måter å bygge og drifte på i BAE-næringen, ligger det en stor mulighet for økt eksport av norsk kompetanse og teknologi.

Gjennom de senere årene har mulighetsrommet i teknologi og digitalisering åpnet seg. Samtidig har økonomien i verden blitt mer presset og befolkningsveksten øker. Byggene og veiene våre er viktig infrastruktur i samfunnet, og BAE-næringen har derfor et stort ansvar for at denne infrastrukturen både bygges og driftes optimalt. Urbanisering er en utvikling vi ser tydelig i hele verden, og vi vet at flere og flere vil bo i og rundt byene. Dette innebærer at vi må sikre effektive og vel-fungerende samfunn.

I tillegg ser vi at delingsøkonomi blir en sterkere trend, og også dette vil ha betydning for hvordan vi utvikler samfunnet vårt. Vi ser hvordan Airbnb blir en konkurrent til hotellnæringen, og WeWorks og Spaces leier ut kontorplasser på månedsbasis. Dette kan på sikt medføre store endringer i hvordan vi eier og bruker areal. I tillegg vet vi at næringen står for en stor del av klimagassutslippene i verden, og er en stor produsent av avfall. I sirkulærøkonomien forsøker man å redusere avfall og øke graden av gjenbruk og ombruk. Ved å bygge med andre metoder og annet materiale kan også næringen ta et større klimaansvar fremover.

Aktører i Norge har siden 2007 vært pådrivere for å etablere et åpent standardformat for bygningsinformasjonsmodeller (BIM), og Norge har vært pådriver for

at denne standarden skal brukes av alle programvareutviklere verden over. En bygningsinformasjonsmodell er en digital 3D-modell av et bygg, som muliggjør samhandling mellom de forskjellige bidragsyterne i verdikjeden. For å få til samhandling mellom aktørene gjennom bruk av BIM, forutsettes det at informasjonen fra modellen gjøres tilgjengelig og kan deles mellom alle aktørene, samt at det arbeides med likt informasjonsunderlag hos alle involverte. Arbeidet har gjort at vi i dag har en felles standard som brukes av mange og man kan snakke om en åpen BIM.

Men digitalisering av BAE-næringen må dreie seg om mer enn en bygningsinformasjonsmodell. Potensialet for å utnytte digitaliseringsverktøy utover dagens tilnærming til BIM er stort, og næringen må få opp øynene for å bruke også annen teknologi og andre verktøy. I denne artikkelen vil vi derfor også se på andre teknologier som kan bidra til å øke verdiskapingen, redusere klimagassutslipp og heve kvaliteten på byggene. Vi vil blant annet se på hvordan Internet of Things (IoT), robotteknologi, virtuell virkelighet, utvidet virkelighet, 3D-printing, droneteknologi, sensorteknologi og stor-data (AI) kan endre måten vi planlegger, bygger og bruker bygg og infrastruktur på fremover.

## **BYGNINGSINFORMASJONSMODELLER OG PARAMETRISK DESIGN**

På tross av enighet i bransjen om standardformat på bygningsinformasjonsmodeller (BIM) av bygg har det frem til i dag vært liten eller ingen produktivitetsvekst i BAE-næringen. Dette kan vitne om at det er innført teknologi som ikke skaper den verdien som potensielt

er mulig. Bruk av 3D-modeller og informasjon, kan utnyttes i mye større grad enn i dag. Man kan se for seg en prosess hvor modellene blir en mal for det vi skal bygge. I en slik modell kan alt kontrolleres og simuleres slik at man avdekker eventuelle feil før byggingen starter. Gjennom byggeperioden utvikler modellen seg til å bli en kopi av det som faktisk ble bygd, med koblinger til all den informasjon som er nødvendig for å drifte bærekraftig i et livsløpsperspektiv. Dermed kan modellen bli en levende tvilling av bygget som utvikler seg likt med bygget. En slik digital tvilling kan gi informasjon om hva bygget inneholder og hvordan det kan demonteres når levetiden er utløpt. I dag snakker vi om BIM, men det er i all hovedsak primært bygningsmodeller som ikke inneholder nødvendig informasjon. For å komme videre må vi klare å bygge modeller som er informasjonsbærere til bygget, ikke bare en modell som kan brukes til regelsjekk. Teknologien finnes, men den må tas i bruk.

Ved å bruke informasjonen fra alle BIM-modellene og sette denne sammen med annen informasjon om bygg eller anlegg vil man ha store mengder med data som kan analyseres og brukes til å ta nye beslutninger. I dag er det mulig å analysere og utnytte store datamengder gjennom bruk av AI. Nye aktører begynner å sette all denne dataen inn i system, og utvikle programvare som gjør at vi kan planlegge på nye måter. Parametrisk design har vært benyttet i næringen i lang tid, men har blitt gjort manuelt. Gjennom utvikling av algoritmer og bruk av datamaskiner kan store mengder data gi muligheter for å vurdere et langt større antall parametere og presentere flere ulike alternativer.

Et eksempel er hvis du ønsker å se hvordan et bygg skal plasseres på en tomt. Ved å legge inn alle parametere som solforhold, høydekurver, reguleringsbestemmelser, kvadratmetere etc. inn i en programvare kan en datamaskin presentere mange millioner mulige løsninger, og hjelpe oss med å finne de beste alternativene. En menneskelig hjerne har ikke kapasitet til å vurdere flere enn noen få parameter samtidig og vil heller ikke kunne se alle mulige alternativer. Denne type teknologi vil kunne radikalt endre måten det arbeides på i BAE-næringen i dag og vil kunne medføre at mange av dagens manuelle oppgaver blir automatisert.

## VIRTUELL OG UTVIDET VIRKELIGHET

Har du noen gang sett på en plantegning av et bygg og hatt utfordringer med å se for deg hvordan disse rommene faktisk blir seende ut når de er bygd? Svært mange har problemer med å klare å visualisere bare ved å se en tegning. Gjennom bruk av virtuell virkelighet og utvidet virkelighet kan næringen utnytte potensialet for kommunikasjon og samhandling som ligger i en 3D-modell.

Teknologier som virtuell virkelighet og utvidet virkelighet har blitt benyttet i spillindustrien for å gjøre spillene mer virkelighetsnære. Virtuell virkelighet, *virtual reality* (VR), er en illusjon generert av ulike typer informasjonsteknologi som gir deg opplevelsen av å være på et annet sted. Ved å bruke VR-teknologi, kan en bruker av et bygg gå en befaring i bygget før det er ferdig og slik få en virkelighetsnær opplevelse av hvordan rom, logistikk, lysforhold og innredning vil bli i det ferdige bygget. Potensialet og verdien av denne tek-

nologien er stor for BAE-næringen. Som nevnt er det en næring med mange aktører, hvor geografisk lokalisering kan være spredt i mange prosjekter. Bruk av VR-teknologi er geografisk uavhengig, man kan møtes i den prosjekterte modellen og gå sammen på felles befaringer, uavhengig av hvor man fysisk sitter plassert.

Gjennom utvidet virkelighet, *augmented reality* (AR), kombineres den egentlige virkeligheten med digitale illusjoner. AR-teknologi gjør at man kan avdekke feil, få tilgang til informasjon, kommunisere rundt og utnytte informasjonen raskere og bedre. Denne teknologien kan benyttes både i bygging og drift. Tenk deg at du har tilgang til informasjon om hvordan en tunell er konstruert, når du skal ut på en inspeksjon kan du ta på deg et sett med briller som lar deg se hvordan konstruksjonen ser ut. Samtidig kan du få opp et digitalt bilde av hva som befinner seg bak betongen og informasjon om bakenforliggende konstruksjoner. Eller du har behov for en bruksanvisning til en pumpe som skal repareres. Da kan du finne frem bruksanvisningen, kanskje det er en film, og se på den samtidig som du ser den faktiske pumpa du skal fikse.

Hvis man har bygd en digital tvilling kan man se den faktiske konstruksjonen og sammenligne direkte med den digitale. I dag antar man at om lag 8 prosent av kostnadene i næringen går til å dekke byggefeil. AR gir muligheter for å avdekke avvik mellom det som er prosjektert, og det som er bygd, på et tidlig tidspunkt.

## INDUSTRIALISERT BYGGING OG 3D-PRINTING

Urbanisering er en trend i samfunnet vårt, flere og flere vil i årene fremover bo i og i nærheten av byene. For BAE-næringen innebærer dette at det vil bli mindre plass til å bygge, flere forhold må vurderes på og rundt byggeplassene, og det vil være hensiktsmessig å redusere produksjonen på byggeplass så mye som mulig. Gjennom produksjon av ferdige elementer og moduler som kan fraktes inn og raskt monteres opp, vil det være mulig å effektivisere byggeplassene. I dag er dette mye benyttet i boligbygging, men i mindre grad utviklet for næringsbygg og formålsbygg. En annen gevinst som kan oppnås gjennom off site-produksjon er reduksjon av avfall. I dag fraktes det ut store mengder avfall fra byggeplassene, fordi materialer kappes og tilpasses der. Mer detaljert planlegging muliggjør høyere presisjon på leveransene og dermed mindre avfall/kapp.



Figur 17.1 Bilde av et 3D-printet hus fra Icon vist på South by Southwest 2018. Foto: ICON.

I tillegg ser vi nå at utviklingen på bruk av 3D-printere går raskt fremover. Flere land har allerede skrevet ut de første husene ved bruk av denne teknologien. Dubai har satt et mål om at 25 prosent av nybyggene i 2025 skal 3D-printes.

## ROBOTISERING

Hva er en robot, hvordan fungerer teknologien, og hva kan den gjøre?

Dagens byggemetoder er i all hovedsak like de metodene som er blitt benyttet i århundrer, men byggeplassene har vokst i kompleksitet og omfang. Ved å ta i bruk nye teknologier kan man derfor anta at det er rom for å hente ut store gevinster både på tid, kost og kvalitet. Ta for eksempel bruk av robotisering. Mange oppgaver på byggeplassene er repetitive, som kan medføre store slitasjeskader på personell. Ved å bruke en robot til å bore hull til oppheng for tekniske fag i tak, reduseres tiden på den enkelte oppgaven. I tillegg reduseres risikoen for personskader og slitasje, samtidig som kvaliteten blir bedre fordi alt gjøres i en prosess og presisjonen på en robot er svært høy.

Roboter kan gjøre mye på byggeplassene våre, hvis vi slipper dem til og planlegger for bruken av dem tidlig nok i prosjektene. Dersom vi utnytter informasjonen som finnes i bygningsinformasjonsmodellen til å gi en robot beskjed om hvor og hva som skal utføres, er det mange oppgaver som kan gjøres av maskiner. I dag males byggene våre manuelt, men roboter kan male dobbelt så fort som et menneske, uten risiko for ledd- og muskelskader eller andre typer HMS-risiko som medfølger malerarbeidet.



Figur 17.2 Borerobot som lager hull i tak i nybygg. Foto: nLink.

## INTERNET OF THINGS

Utviklingen av sensorer og ting koblet til internett går i et høyt tempo. Gartner<sup>1</sup> estimerer at i perioden fra 2016 til 2021 vil antallet ting koblet til internett øke fra 6,4 til 20,8 milliarder. Et stort antall av disse enhetene vil befinne seg inne i eller i nærheten av bygg, og vil kunne påvirke hvordan vi bruker og tilpasser byggene våre.

Tenk deg at du har en elbil som du ønsker å lade når du kommer på jobb, og en lader som er koblet mot internett. Da kan du sende en booking til laderen, sette bilen til lading når du kommer på jobb og få en melding fra laderen om at bilen er fulladet eller at du må flytte bilen fordi din reserverte tid er oppbrukt. Informasjon fra disse komponentene kan settes sammen og brukes i analyser om hvordan vi lever, hvordan vi beveger oss, hvordan vi bruker energi og mye annet. Tilgjengelig-gjøring og samling av informasjonen kan bidra til at vi kan få tilpassede produkter som forenkler hverdagen vår. Samtidig må vi ha en bevissthet om at informasjonen kan komme på avveie og brukes av noen som har uønskede hensikter.

## SMARTE BYGG

Byggene inneholder etter hvert store mengder med teknologi som kan gi økt verdi både gjennom redusert energi og økt tilfredshet hos bruker. Både vann, varme, luft og arealbruk har vi mulighet til å styre gjennom driftssystemene. Samtidig er det et stort potensial for å få til økt grad av maskinlæring og integrasjon i anleggene. Byggene står for 40 prosent av all energibruk,

<sup>1</sup> <https://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>

og ved å optimalisere bruk kan vi redusere energiforbruket. Vi ser også utvikling av lokal energiproduksjon gjennom solceller, solfangere, jordvarme og bergvarme. Denne energien produseres ikke nødvendigvis når du har behov for den, og det vil derfor være behov for løsninger som muliggjør lagring eller deling av energi i større grad enn i dag. For å optimalisere energiproduksjonen vil et system som er koblet opp mot forbruksmønster og andre installasjoner, muliggjøre mer effektiv energistyring.

Hvordan kan vi se for oss et smart bygg? Tenk deg at du våkner om morgenen, allerede før du våkner har huset undersøkt hvordan været er ute og justert inn lys og temperatur slik at det er optimalt ut fra dine ønsker basert på temperaturen ute. Alt du gjør i huset, kan automatiseres, men det er først når bygget begynner å lære av deg, at det kan kalles smart. Hva om huset går gjennom kalenderen og ser at mannen din skal på reise og kommer til å dra ut av døra kl. 06.00. Huset har lært at når han drar så tidlig har han andre vaner enn til vanlig. Han hverken dusjer eller drikker kaffe, men har behov for en drosje. På kvelden vil derfor den talestyrte assistenten spørre om den skal bestille drosje, og om han ønsker kaffe til frokost. Assistenten tilpasser bygget til at det vil være en mindre til frokost, mindre behov for varmt vann og bestiller en drosje.

Et annet eksempel: Det er ferietid, og reiseplanleggeren din kan informere om at bussen har færre avganger i timen enn vanlig og foreslår hvilken avgang du må ta for å komme til kontoret til vanlig tid. I og med at det er ferietid har kontoret stengt av de to øverste etasjene og du får tildelt en kontor plass i nærheten av de andre

som ikke har ferie. På den måten kan bygget spare energi gjennom redusert kjøling, belysning og renhold.

I dag foregår drift av bygg i stor grad av manuell kontroll, og er i mindre grad automatisert enn for eksempel båter eller plattformer. Gjennom bruk av sensorer og analyser kan drift av byggene i mye større grad automatiseres og optimaliseres. Teknisk utstyr kan i større grad justere seg selv, basert på læring og gi varsler om når det begynner å bli slitt og klar for utskifting. Dette kan bidra til en mer effektiv måte å drifte og vedlikeholde byggene på.

## **DRONETEKNOLOGI**

Droneteknologi utvikler seg i høyt tempo, og mange operasjoner som i dag utføres manuelt kan utføres ved bruk av droner. Ta for eksempel inspeksjon av vei – i dag kjører noen ut og inspiserer, måler opp og vurderer. Ved bruk av en drone med skanneutstyr blir det mulig å fly over store mengder veier, bruer og tunneler på kort tid og informasjonen kan sammenlignes digitalt med funnene fra forrige inspeksjon. Dette gir en raskere og bedre oversikt over tilstand på infrastruktur, enn hva vi har i dag.

Et annet eksempel er inspeksjon av tak. For å inspiserer et tak må noen klatre opp på taket og gå en runde med all den risiko det innebærer. En drone med kamera, kan skanne et tak på kort tid, sende bilder direkte ned til driftspersonell på bakken og lage et informasjonsunderlag som gjør at takets utvikling over tid kan følges opp. Dette gjelder også for fasader, hvor man med droneskanning kan lage gode bilder av veggen som danner grunnlag for å avdekke samt følge opp riss og endringer



i byggstrukturen. Dette vil medføre redusert risiko for personell, økt kvalitet på kontroll og bedre informasjonsgrunnlag over tid.

## PERSPEKTIVENE VIDERE

Mulighetsrommet for bruk av teknologi på nye måter for å oppnå mer effektiv bygging, drift og vedlikehold i BAE-næringen er stort. Næringen må utforske mulighetsrommet ved å være nysgjerrig og åpen for ny teknologi. For å utnytte potensialet må både utdanningsinstitusjoner, politikere og ledere legge til rette for at ny teknologi kan tas i bruk og at kompetansen bygges. Norge har mange muligheter til å ta en ledende rolle som teknologinasjon fordi vi er en liten nasjon, har høy kompetanse og en god teknisk infrastruktur.

I 2017 utarbeidet Byggenæringens Landsforening (BNL) et digitalt veikart for næringen frem mot 2025<sup>2</sup> og det er etablert en forening som skal følge opp tiltakene i veikartet. Gjennom dette arbeidet ligger mulighetene for å lykkes med den transformasjonen som trengs i næringen. Og målet er dristig: Innen 2025 skal næringen redusere kostnadene med 25 prosent og redusere utslippene av klimagasser med 50 prosent. Samtidig skal næringen øke prosjektgjennomføringen med 50 prosent og øke eksporten av produkter og tjenester med 50 prosent. Klarer man dette, vil vi se en helt annen dynamisk og teknologiorientert næring i 2025 enn den vi ser i 2018.

Mulighetsrommet er derfor stort innenfor BAE-næringen til å utvikle løsninger og teknologi som kan effektivisere næringen både nasjonalt og internasjonalt.



Figur 17.3 Målbildet fra det digitale veikartet mot 2025 fra BNL.

<sup>2</sup> <http://www.bnl.no/globalassets/dokumenter/rapporter/210917-digitalt-veikart-for-bae-3.pdf?id=4000>