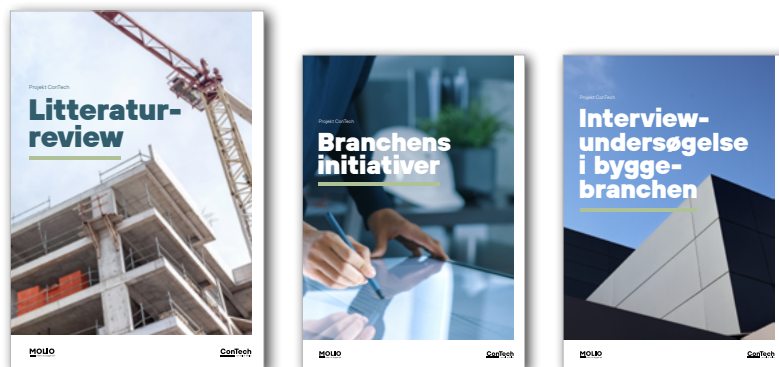


Projekt ConTech

Litteratur- review

Som en del af Projekt ConTechs forundersøgelse, er Litteraturreviewets formål at kortlægge eksisterende viden om ConTech (Construction Technologies) i byggebranchen. Reviewet giver et 360-graders perspektiv på, hvor udfordringerne ligger i bygge- og anlægsbranchen, samt hvordan ConTech kan bruges til at løse udfordringerne. Denne rapport indgår som én af tre rapporter, der er lavet som en del af forundersøgelsen. Ud over et litteraturreview er der udarbejdet en kortlægning af branchens initiativer samt en interviewundersøgelse på tværs af anlæg- og byggebranchens mange interessenter.

Rigtig god læselyst!





Indholds- fortegnelse

Kapitel 1

Introduktion	07
Definition af ConTech	07
En læsevejledning	07

Kapitel 2

Executive Summary	08
-------------------------	----

Kapitel 3

Branchens udfordringer	10
Lav produktivitet og høj klimabelastning	11
Lav grad af digitalisering i byggebranchen	12
Hvorfor er branchen ikke længere med digitale teknologier?	14
Udfordring 1: En fragmenteret værdikæde	14
Udfordring 2: Forskellig grad af digital modenhed på tværs af værdikæden	14
Udfordring 3: Mange små virksomheder	15
Udfordring 4: Nye – og mange – konstellationer på projekterne	15
Udfordring 5: En økonomisk presset branche	15

Kapitel 4	
Seks temaer af relevans for udbredelsen af ny teknologi og digitalisering.....	17
Tema 1: Bedre kommunikation og vidensdeling på tværs af værdikæden.....	18
Digitale projekterings- og kommunikationsværktøjer	19
Building Information Modelling (BIM) og Virtual Construction Design (VDC).....	19
Tema 2: Bedre brug af data på tværs af værdikæden	20
En mindre fragmenteret værdikæde	20
Mere effektive designprocesser	20
Tema 3: Nye forretningsmodeller, hvor aktører tager større dele eller hele værdikæden og standardiserer arbejdet mere	22
Brug af moduler, off-site-produktion og automatisering.....	22
Øget specialisering	23
Fra timer til værdi	24
Tema 4: Mere bæredygtighed i byggeriet.....	26
Simuleringer og brug af data til beregning af klimabelastning.....	27
En mere bæredygtig byggeproces	27
En mere bæredygtig drift.....	27
Genanvendelse og cirkularitet.....	27
Tema 5: Rammebetingelser	28
De rammebetingelser som offentlige myndigheder stiller som bygherrer.....	28
Juridiske rammebetingelser fra offentlige myndigheder.....	29
Uddannelse og kompetenceudvikling	30
Fælleseuropæiske og internationale standarder	30
Tema 6: Investeringer og det danske ConTech økosystem	32
Investeringer i ConTech	32
Det danske ConTech økosystem	34
Kapitel 5	
Tilgang til måling af effekt og KPI'er for digitalisering	36
Kapitel 6	
Litteraturliste	38



Kapitel 1

Introduktion

Formålet med dette litteraturreview er at kortlægge den eksisterende viden om, hvordan brug af teknologi og digitalisering kan hjælpe byggebranchen med at overkomme de udfordringer, som branchen står overfor i dag.

Litteraturreviewet er en del af en forundersøgelse for Project ConTech, som Industriens Fond, Realdania og Molio har igangsat sammen for at finde ud af, hvordan byggebranchen kan blive bedre til at udnytte ny teknologi. Udover dette litteraturreview indeholder forundersøgelsen en kortlægning af relevante nationale og internationale brancheinitiativer samt en omfangsrig interviewundersøgelse blandt virksomheder på tværs af værdikæden, ConTech-virksomheder og videnspersoner.

Definition af ConTech

Som det fremgår af reviewet er der mange forskellige typer af teknologi og digitalisering, der kan hjælpe byggebranchen, og under ét betegnes disse som Construction Technologies eller ConTech. Der findes ikke én, autoritativ definition på, hvad ConTech er – nogle definitioner er smalle med fokus på for eksempel hardware som robotter og droner, der bruges på byggepladser eller software, som bruges til at projektstyre, analysere eller modellere data. Nogle definitioner fokuserer mere på nogle dele af værdikæden end andre. Nogle definitioner omhandler selve byggeprocessen, mens andre ser bredere på generel brug af teknologi og digitale løsninger til at drive forretningen. Og nogle definitioner igen ser på tværs af både hardware og software og på tværs af hele værdikæden.

I dette review lægger vi os op af en bred definition af ConTech, der både indeholder software og hardware og som indeholder hele værdikæden med design, projektering, udførsel og efterfølgende drift. Derved defineres ConTech smalt på den måde, at vi kun ser på teknologi, der understøtter selve byggeprocessen – ikke den bredere forretningsdrift.

En læsevejledning

Reviewet er bygget op omkring to hovedafsnit. I det første afsnit præsenterer vi status på branchen, når det kommer til produktivitet, bæredygtighed, digital og teknologisk modenhed. Dernæst præsenterer vi fem konkrete udfordringer i branchen, som står i vejen for en øget brug af ConTech. I det andet afsnit præsenterer vi derefter seks temaer, som er særligt interessant i forhold til at øge brugen af ConTech i byggebranchen. De fire første temaer relaterer sig direkte til, hvordan branchen kan bringe ConTech i spil, hvor vi ser på bedre kommunikation og vidensdeling, bedre brug af data, nye forretningsmodeller og øget bæredygtighed. I de sidste to temaer vender vi blikket mod byggebranchens omverden og ser på byggeriets rammebetingelser og de væsentligste kendetegn ved investerings- og innovationsmiljøerne i branchen.

På den måde giver reviewet et 360-graders perspektiv på, hvor udfordringerne ligger, og hvordan ConTech kan bruges til at løse udfordringerne i bygge- og anlægsbranchen.

Kapitel 2

Executive Summary

Litteraturreviewet viser, at bygge- og anlægsbranchen er udfordret af lav produktivitet, høj klimabelastning og lav digitaliseringsgrad. Derudover viser vi, at der er fem hovedudfordringer, der tilsammen hæmmer branchens brug af digitale teknologier. Endelig peger vi på seks temaer, der er særligt interessante i forhold til at øge brugen af ConTech i byggebranchen.

Når vi kigger på tværs af litteraturen, kan vi se fem udfordringer, der fremhæves som de største, når det kommer til at øge produktiviteten og forbedre bæredygtigheden gennem digitalisering og brug af teknologi.

Udfordring 1:

Værdikæden i branchen er fragmenteret, hvor projekterings-, udførsels- og driftsfasen er meget afkoblede fra hinanden. Det betyder brudte kommunikationsstrømme, manglende overlevering og manglende opsamling af data på tværs, hvilket igen skaber misforståelser og forsinkelser.

Udfordring 2:

Der er stor forskel på, hvor digitalt modne branchens aktører er på tværs af værdikæden. Særligt aktører i den udførende fase og mange bygherrer er ikke langt med digitaliseringen, mens aktører i projekteringsfasen i højere grad eksperimenterer med og implementerer ConTech.

Udfordring 3:

Branchen er kendetegnet ved mange små virksomheder, som er mindre digitalt modne end de større virksomheder. De små virksomheder både bruger ConTech mindre, interesserer sig mindre for implementeringen og har færre muligheder for at investere i ConTech.

Udfordring 4:

Branchen er kendetegnet ved nye samarbejds-konstellationer på hvert enkelt projekt med mange forskellige partnere, der har skiftende ansvar. Det øger risikoen for misforståelser, gør det svært at opbygge tillid mellem aktørerne og gør det sværere at standardisere processer og produkter for dermed at skabe stordriftsfordele.

Udfordring 5:

Branchen er økonomisk presset og opererer generelt med lave profitmarginier, blandt andet som følge af en hård priskonkurrence i udbud

Derefter præsenterer vi seks temaer, som er særligt interessant i forhold til at øge brugen af ConTech i byggebranchen. I tema 1 behandler vi, hvordan ConTech kan bidrage til **bedre kommunikation og vidensdeling på tværs**

af værdikæden. Her finder vi, at brugen af teknologi som BIM og digitale visualiseringsværktøjer i høj grad kan medvirke til at forbedre kommunikation og vidensdeling på tværs af værdikæden. Dermed sikre en mere effektiv forsyningskæde, særligt i udførelsesfasen, når der løbende arbejdes med at udbedre fejl og håndtere ændringer.

Tema 2 omhandler, hvordan ConTech kan **forbedre brugen af data på tværs af værdikæden.** I dette afsnit viser vi, hvordan man med brug af ConTech kan forbinde og integrere den fragmenterede værdikæde fra design til drift og forbedre designprocesserne gennem forbedrede muligheder for analyse, simulering og indsamling af driftsdata. Det giver langt bedre muligheder for at lave tidligere og mere robuste beregninger af for eksempel byggeriets samlede omkostninger inklusiv driftsfasen, forventede klimabelastning, brugskomfort og kritiske afhængigheder, hvilket kan bruges til at minimere forsinkelser og flaskehalse i byggeprocessen.

Den tredje tematik behandler de muligheder for **nye forretningsmodeller**, der opstår ved brug af ConTech. Hovedfundene er, at ConTech muliggør fundamental nytænkning af den klassiske byggeproces, hvor store dele af byggeprocessen kan standardiseres, automatiseres og præfabrikeres udenfor byggepladsen. Vi viser også, at ConTech giver mulighed for en øget specialisering, og at nye aktører træder ind i markedet med det grundlæggende mål at ændre på værdikæden og byggeriprocessen. Et mål om selv at tage ejerskab over langt mere i værdikæden og dermed producere langt mere effektivt.

I det fjerde tema gennemgår vi, hvordan brugen af ConTech kan bidrage til at opnå **mere bæredygtigt byggeri**, og dermed løse nogle af de bæredygtighedsudfordringer, som kendetegner branchen. Her viser vi, at byggeriet gennem brug af ConTech kan reducere klimabelastningen i både produktions- og driftsfasen. Det kan gøres gennem bedre simuleringer af klimabelastningen, reduktion af spild og materialeforbrug i selve byggeprocessen, mulighed for at bygge en mere bæredygtig drift ved hjælp af sensorteknologi og materialevalg, samt en øget cirkularitet i form af bedre muligheder for at genanvende materialer ved nedrivning.

Tema 5 omhandler de **rammebetingelser** for byggeriet, som enten direkte eller indirekte påvirker branchens brug af ConTech. Her sætter vi fokus på den rolle som de offentlige myndigheder spiller som bygherre ved at stille flere krav til brugen af ConTech og bæredygtighed i udbud. Der bruges nye, mere tillidskabende udbudsformer med mere fokus på byggeriets samlede levetidsomkostninger. Derefter ser vi på den rolle, de spiller som lovgiver, hvor juridiske rammebetingelser som Bygningsreglementet og immaterielle rettigheder påvirker brugen af ConTech, samt den rolle, de spiller på uddannelsesområdet, når der er stort behov for at øge det digitale kompetenceniveau i branchen. Endelig berører vi også hvordan internationale standarder som for eksempel BIM-processer har stor betydning for udbredelsen af ConTech.

Det sjette og sidste tema beskæftiger sig med **investeringer i ConTech og det danske ConTech økosystem.** Her beskriver vi, at investeringerne i ConTech stiger på globalt plan, særligt i det udførende led, og også med finansiering fra aktører i start up-miljøet som for eksempel venture kapitalfonde. Der er også kommet mange nye ConTech start-ups på markedet, som ser et potentiale i branchens størrelse, i den stabile efterspørgsel efter byggeri, og i at branchen er udfordret og har brug for nye løsninger. Vi viser, at den lave profitmargin, branchens sårbarhed overfor konjunktursvingninger og byggeriets kompleksitet er faktorer, der hæmmer investeringer i branchen. Vi ser også på investeringer i en dansk kontekst, hvor der i modsætning til på globalt plan er langt mellem ConTech-investeringer fra venture kapitalfonde. Det er centralt, at investeringerne mere kommer fra virksomhederne selv eller fra enkeltstående business angels. Til slut beskriver vi overordnet det danske ConTech økosystem, som er kendetegnet af mange små virksomheder, herunder mange virksomheder med fokus på 3D-modellering og BIM.

I et kort afsluttende kapitel beskriver vi, at der ikke findes megen litteratur, der har fokus på, hvordan man måler effekt og KPI'er for digitalisering i byggeriet. Dog omtaler vi en svensk rapport, der opstiller en model for at måle på produktivitet, der kunne være relevant for effektmålingen af brugen af ConTech.



Kapitel 3

Branchens udfordringer

Bygge- og anlægsbranchen er under forandring og der sker hele tiden store nyudviklinger og innovationer i branchen, der flytter grænserne for, hvordan byggeprojekter projekteres, udføres og driftes. Men på trods af de løbende større og mindre landvindinger og forbedringer, så er lav produktivitet i byggeriet stadig en voldsom udfordring, der svækker byggeriets konkurrenceevne og indtjening. Oveni er branchen også en af de store syndere hvad angår klima- og miljøbelastning.

Lav produktivitet og høj klimabelastning

Mange analyser har løbende vist, at udfordringerne er til at tage og føle på. Med hensyn til produktivitet har KPMG analyseret sig frem til, at 5-10 procent af byggeriets omsætning kan spares, hvis byggebranchen bliver bedre til at håndtere risici (IDA 2020).

Derudover er byggebranchen plaget af fluktuerende og stigende omkostninger, mangel på arbejdskraft og lav produktivitet (Deloitte 2018; KPMG 2019; Højbjerg Brauer Schultz 2020). I december 2019 betød mangel på arbejdskraft for eksempel, at produktionen i 21 procent af byggeriets virksomheder blev ramt (Dansk Byggeri 2020). Imens stort set alle industrier har oplevet øget produktivitet, har byggebranchens produktivitet i visse lande været direkte faldende (McKinsey 2016). Også i en dansk kontekst er byggebranchens produktivitetstilvækst de seneste 20 år kun på gennemsnitlig 1,4 % om året, sammenlignet med brancher som maskinindustrien, medicinalindustrien og transportmiddelindustrien, der alle har haft en produktivitetstilvækst på gennemsnitligt over 3 % årligt (analyse af tal fra Danmarks Statistik). Sammenlagt viser disse tal, at der er et stort potentiale for at øge produktiviteten i branchen.

Udover spørgsmålet om produktivitet har den offentlige debat og samfundets fokus de seneste år i høj grad bevæget sig mod et endnu større fokus på bæredygtighed. Denne tendens påvirker naturligvis også byggeriet, der er en stor bidragsyder til CO₂-udledningen verden over (Dansk Byggeri 2019; Regeringens Klimapartnerskaber, Bygge- og anlægssektoren 2020; Transport-, Bygnings- og Boligministeriet 2019). Deloitte udpegede i år 2018 bæredygtighed som en af de tendenser, der vil præge fremtidens byggeri, blandt andet fordi Byggeri og anlæg står for knap 40 % af CO₂-udledningen på verdensplan, men kun 13 % af den globale BNP (Dansk Byggeri). I dansk kontekst står bygge- og anlægsbranchen direkte og indirekte for 30 % af Danmarks samlede CO₂-udledning. Dertil skal lægges, at byggematerialer og byggeri bruger mere end en tredjedel af jordens ressourcer, imens affald fra byggeri og nedrivning af bygninger udgør ca. 30 procent af Danmarks samlede affaldsmængde (Skab bedre drift, bæredygtigt vedligehold og optimale tilstandsvurderinger, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen; Regeringens Klimapartnerskaber, Bygge- og anlægssektoren 2020). Den efterfølgende drift og opvarmning af bygninger stod i 2017 for cirka 40 % af det danske energiforbrug (Regeringens Klimapartnerskaber, Bygge- og anlægssektoren 2020). Danmarks innovationsfond har også peget på byggeri og anlæg som værende en helt central sektor i forhold til at sænke udledningen af CO₂ (Dansk Byggeri 2020).

Klimabelastningen kommer både fra produktionen af byggematerialer og fra selve opførelsen, hvor store dieseldrevne maskiner, byggeaffald, beskadigede og fejlbestilte materialer samt dieselgeneratorer til varmekanoner, der kører i døgndrift, er blandt de største syndere (Regeringens klimapartnerskaber, Bygge- og anlægssektoren 2020). I anlægssektoren består CO₂-belastningen primært af aktiviteten på byggepladsen med anvendelse af materiel og maskiner samt anvendelsen af de dominerende materialetyper, asfalt og beton (Regeringens klimapartnerskaber, Bygge- og anlægssektoren 2020).

Lav grad af digitalisering i byggebranchen

Flere analyser har peget på digitalisering og teknologi som et centralt middel til at møde både produktivets- og klimaudfordringen, men den danske byggebranche er ikke langt.

En analyse fra Boston Consulting Group har estimeret, at digitale værktøjer potentielt kan reducere omkostningerne i byggeriet med mellem 10 og 15 procent (DI Byg 2020). McKinsey peger også på, at øget digitalisering kan medføre mere agile værdikæder, up-to-date budgettering og redefinition af processer, hvilket kan øge konkurrencedygtighed og marginforbedring (Imagining Construction's Digital Future). Potentialet for digitalisering af byggeprocessen er særligt stort for virksomheder med mere end 20 medarbejdere og med et middelhøjt digitaliseringsniveau (Digitalisering og produktivitet - Vækstpotentiale i danske virksomheder)

Men den danske byggebranche er ikke langt. Den forrige regerings 'Strategi for Digitalt Byggeri' fra 2019 viste, at

den danske byggebranche er blandt de mindst digitaliserede sektorer i Danmark (Transport-, Bygnings-, og Boligministeriet 2019).

Det viser sig både ved, at den danske byggebranche samlet set ikke i tilstrækkelig grad anvender digitale værktøjer, ikke efterspørger det, ikke investerer i det, og at branchen ikke har erfaring og kompetencer til at bruge dem.

Med hensyn til **anvendelsen**, så viste en analyse fra LetsBuild gennemført i 2019, at danske byggevirksomheder på en skala fra 1 til 100 (fuldt digital) ligger på niveau 30. Eksempelvis er det kun 45 % af de adspurgte, som anvender Building Information Modelling (BIM) i deres byggeproces. I en anden undersøgelse var det kun hver femte af virksomhederne i undersøgelsen, der bruger mere end én af teknologierne, 3D print, sensorer, droner, digitale informationsstrømme, VDC (Virtual Design and Construction), BIM (Building Information Modelling), robotter, big data, virtual reality, augmented reality, machine learning og kunstig intelligens. Hvor det kun er 5 %, der anvendte tre eller flere af teknologierne (Build 4.0 giver nye muligheder i byggeriet).





Sammenlignes der med andre nordiske lande, så ligger Danmark sidst i anvendelsen af digitale værktøjer (Sammen om fremtidens byggeri). I forlængelse heraf finder Dansk Byggeris IT-analyse fra 2018, at der godt nok var sket en stigning i anvendelsen af IT i byggeriet, men at denne stigning hovedsageligt var sket inden for de administrative arbejdsgange såsom fakturering, tidsregistrering, digital arkivering af tegninger og håndtering af kundeinformationer, og ikke i selve byggeprocessen.

Med hensyn til virksomhedernes **efterspørgsel** efter digitale værktøjer og teknologier, så viste samme IT-analyse fra 2018, at 20-30 % af virksomhederne selv efterspørger bedre IT-værktøj til økonomistyring, produktionsstyring, kvalitetsstyring og kalkulation. Hvortil knap 30 % angiver, at de ikke kunne tænke sig bedre IT-værktøjer nogen steder. I en anden analyse svarede hver fjerde virksomhed, at Build 4.0 teknologierne, såsom 3D-print, sensorer, droner, VDC, robotter, big data, etc., er direkte irrelevante for dem (Teknologisk Institut 2018). Dette kan selvfølgelig skyldes, at de allerede er fuldt digitaliserede, men det skyldes nok i højere grad, at de blot ikke har et ønske om, at virksomheden skal digitaliseres.

Med hensyn til **investering**, så viser en gennemgang af udviklingen i it-investeringer i den danske byggebranche sammenlignet med andre brancher, at der i 20 ud af de 31 brancher, som Danmarks Statistik opgør tal på, investeres mere i it, end der gør i bygge- og anlægsbranchen (analyse af tal fra Danmarks Statistik), hvilket er problematisk, fordi det er de virksomheder, der ikke investerer i IT, som

risikerer at miste indtjening og blive overhalet indenom af konkurrenterne (Dansk Byggeri 2018). En analyse af investeringerne i IT på det amerikanske marked fandt, at selvom få frontløbere investerer i nye talenter og eksperimenterer med nye teknologier, så er majoriteten langt bagud, så byggebranchen samlet set bruger den mindste del af omsætningen på IT sammenlignet med andre brancher, samt at investeringer i IT-innovation prioriteres lavere end drift af IT og inkrementelle IT-forandringer (Deloitte 2017).

Med hensyn til **erfaring og kompetencer**, så oplever mange virksomhederne, at manglende erfaring i brugen af ny teknologi holder dem fra at tage det i brug (Deloitte 2018), og hver sjette virksomhed mangler grundlæggende viden om, hvad de digitale teknologier kan (Build 4.0 giver nye muligheder i byggeriet). En lignende pointe findes i Molios undersøgelse Det Digitale Barometer, der blev gennemført i 2018 og netop er gennemført igen i 2020. I begge undersøgelser angiver respondenter fra branchen "manglende kultur for brugen af digitale løsninger i virksomheden" og "manglende digitale kompetencer i virksomheden" som to af de tre vigtigste barrierer for øget digitalisering. De manglende digitale kompetencer i branchen, betyder, at selv hvis virksomhederne vælger at investere i teknologi, så vil gevinsterne ikke på samme måde kunne indfries (Sammen om fremtiden), da mangel på kvalificeret arbejdskraft generelt er en barriere for udviklingen – i både byggebranchen og andre brancher (World Economic Forum 2018; Erhvervsministeriet 2017).

Hvorfor er branchen ikke længere med digitale teknologier?

Øget produktivitet og mere bæredygtige løsninger er målet, digitalisering og teknologi er et centralt middel for at nå derhen, og den danske byggebranche er en af de mindst digitaliserede brancher. Men hvorfor er vi ikke længere i den danske byggebranche i dag? Og hvilke udfordringer er gældende i branchen, som hæmmer brugen af digitale teknologier, og som digitale teknologier kan være med til at ændre på?

I dette afsnit dykker vi ned fem udfordringer, som litteraturen peger på, er de mest presserende, inden vi i de efterfølgende afsnit ser nærmere på de største digitale og teknologiske potentialer og den kontekst, der kan være med til at realisere potentialerne i form af innovation og investering samt branchens rammebetingelser.

Udfordring 1: En fragmenteret værdikæde

Et af de forhold, som i litteraturen fremhæves som blandt de væsentligste årsager til produktivitetsudfordringerne og den lave digitalisering i byggeriet, er at værdikæden i byggeriet er fragmenteret. Hvor en lang række andre produktionsindustrier er kendetegnet ved integrerede værdikæder med processer, der i vid udstrækning er koordinerede, så er byggeriet kendetegnet ved en meget lav grad af integration mellem de forskellige led i værdikæden (McKinsey 2017; 2018; Transport-, Bygnings-, og Boligministeriet 2019, Manifest; Wired 2019). Særligt projekterings-, -udførelse og driftsfasen er meget afkoblet fra hinanden og er karakteriserede ved brudte kommunikationsstrømmene, der skaber misforståelser og forsinkelser (Wired 2019).

Der er derfor også bred enighed om, at optimering af samarbejdet mellem de forskellige aktører i byggeriets værdikæde – fra business case, over projekteringsfasen til opførelsen på byggepladsen og efterfølgende drift – har potentiale til at øge produktiviteten og fremme bæredygtigheden i byggeriet (MTHøjgaard 2019; BLOXHUB; Box 2014; Autodesk og FMI 2019; DI Byg 2020). Alene i besparelser estimeres der et potentiale på 5-15% (Sammen om fremtidens byggeri), mens ineffektiv supply chain management ifølge McKinsey står for 10-30 procent af overskredne omkostninger og tidsfrister (McKinsey 2017).

Udfordring 2: Forskellig grad af digital modenhed på tværs af værdikæden

En anden udfordring, der findes bredt beskrevet i litteraturen er den store forskel i digital modenhed på tværs af værdikæden.

Populært sagt ligger udfordringen i at få IT ud på byggepladserne, da det særligt er aktørerne i fremstillings- og projekteringsfaserne, der er længere fremme med brugen af digital teknologi, mens aktørerne i udførelsesfasen ude på byggepladserne og de mindre professionelle bygherrer er en del længere tilbage (DI Byg 2020; Teknologisk Institut 2018; Deloitte 2018).

Mens arkitekter og rådgivere i projekteringsfasen er klar til at tage avancerede digitale teknologier som design automatisering, 3D print og droner i brug i byggeriet, så er håndværksvirksomhederne på byggepladserne i **udførelsesfasen** i mindre grad rustet og orienteret mod de nye teknologier (Build 4.0 giver nye muligheder i byggeriet). Det afspejles også i, at blot 32 % af de adspurgte håndværkere og entreprenører i en undersøgelse fra 2018 tilkendegav, at de arbejder med minimum én digital teknologi om dagen (Transport-, Bygnings-, og Boligministeriet 2019). Samtidig oplevede kun 17 % ændringer af deres primære arbejdsopgaver som følge af digitalisering (Transport-, Bygnings-, og Boligministeriet 2019).

Et andet eksempel på den lavere modenhed i de udførende led kan findes i en analyse af behovet for digitale kompetencer i byggeriet, der viser, at efterspørgslen efter digitale kompetencer er lavest i de udførende led og højest i de rådgivende led (Højbjerg Brauer Schultz 2020). På trods af, at hver tredje jobopslag for byggebranchen indeholder efterspørgsel på digitale kompetencer, gælder dette eksempelvis kun henholdsvis 7 og 10 % af jobopslagene for murer- og tømrejob, mens det for arkitekter og bygningskonstruktører gælder for henholdsvis 78 og 77 % af jobopslagene. Dette kan dog selvfølgelig også hænge sammen med, at de udførende led overordnet set har få digitale kompetencer, og deres uddannelser kun i begrænset grad udbyder undervisning i IT og digitale programmer (Ibid.).

Ifølge en undersøgelse foretaget af BLOXHUB, er dette mindre fokus på digitalisering og teknologi i udførelsesfasen en af årsager til, at digitaliseringen endnu kun i nogen grad har formået at løse problematikkerne vedrørende reduktion af spild, arbejdsmiljø, kvalitet af det færdige projekt, indtjeningssevne og ressourcemæssigt aftryk i selve byggeriet, i driften og i den efterfølgende upcycling af byggeriet.

Med hensyn til **bygherrerne**, så viser litteraturen, at mange bygherrer ikke har de nødvendige kompetencer til at tilrettelægge et udbud med stort fokus på digitalisering (Deloitte 2018), hvilket er en udfordring, da bygherren er den betalende part, og dermed også den, der kunne sætte ambitionsniveau og rammerne for digitalisering af nye projekter. Et eksempel på dette fandt man i den forundersøgelse, der blev gennemført forud for udbuddet af det nye hospital i Nordsjælland. Den viste, at entreprenørerne tilkendegav, at de var klar, men sjældent oplevede en efterspørgsel på digitalisering fra bygherrerne i udbudsprocesserne (Transport, - Bygnings, - og Boligministeriet 2019).

Udfordring 3: Mange små virksomheder

Litteraturen peger imidlertid også på, at virksomhedsstørrelse har stor betydning for den digitale og teknologiske modenhed (Erhvervsministeriet 2019), hvilket har stor betydning, da 65 % af Dansk Byggeris 5.700 medlemsvirksomheder har fem ansatte eller derunder (Dansk Byggeri).

For eksempel viser en undersøgelse foretaget af Molio i 2020, at én ud af tre SMV'er ikke oplever, at den digitale dagsorden er en synlig, central del af virksomhedens strategi, og at virksomheden ikke har fokus på at introducere digitale løsninger i alle sammenhænge, hvor det er muligt (Frekvensrapport). Ligeledes viste en analyse fra Dansk Byggeri, at færre end 10 % af SMV'erne har investeret i mere intelligente værktøjer, som droner, visualiseringsværktøjer og andre intelligente IT-værktøjer i 2019 (Dansk Byggeri). Hvortil OECD i 2019 finder at mindre virksomheder, bredt set på tværs af industrier, i mindre grad gør brug af avancerede dataanalyser, da 28% af store virksomheder laver big data-analyser, mens 16 % af de mellemstore og blot 9 % af de små virksomheder gør det samme.

En oplagt årsag til den lavere grad af modenhed blandt SMV'er er, at investeringerne i digitalisering og teknologi kræver stor risikovillighed, hvilket kan være sværere for mindre virksomheder. De har ikke samme incitament til at investere, fordi de ikke kan forvente et tilstrækkeligt pay-off fra digitaliseringen af deres produktionsprocesser, og fordi investeringerne kræver en vis kapital, som SMV'erne ikke altid har mulighed for at afsætte til investeringer i nye, innovative projekter, materialer eller teknologier (OECD 2019; Erhvervsministeriet 2019). Det ses også ved, at SMV'er oftere vælger at benytte eksterne specialister i stedet for at investere i in-house specialister. Derved opnår de ikke samme grad af intern viden om brugen af digitale teknologier (Danmarks Statistik 2017).

Udfordring 4: Nye – og mange – konstellationer på projekterne

En fjerde årsag til den lave grad af produktivitet og brug af teknologi i branchen skyldes, at sektoren er kendetegnet ved, at der er nye samarbejdskonstellationer på hvert projekt med mange forskellige partnere, der har skiftende ansvar.

Det betyder dels, at den intraorganisatoriske spredning af informationer er ekstremt høj, og information, projektplaner og dokumenter skal forbi mange forskellige kontorer og teams på rejsen fra kontoret til byggepladsen.

En anden konsekvens er, at det er sværere at opbygge tillid på tværs af værdikæden, da man sjældent arbejder sammen med de samme aktører flere gange i træk, hvilket kan føre til spild og ineffektivitet (Autodesk og FMI 2019), for eksempel fordi data ikke deles hurtigt nok mellem parter på tværs af værdikæden (High Cost of Poor Trust).

En tredje konsekvens er, at byggeriet halter langt efter de øvrige dele af økonomien, når det drejer sig om at udnytte mere standardiserede processer og dermed potentielle stordriftsfordele (Wired 2019; McKinsey 2018). En ekstra udfordring med netop stordriftsfordele og standardiserede processer, udover de mange nye konstellationer i hvert projekt, er, at de produkter, der kommer ud af dem, lider under et dårligt image og kæmper med et etableret billede af, at de er af lavere kvalitet end andet byggeri. Kunderne ønsker ofte løsninger udviklet specifikt til deres individuelle behov, hvilket besværliggør processen og brugen af præfabrikerede moduler (Deloitte 2018).

Udfordring 5: En økonomisk presset branche

En femte udfordring, som litteraturen peger på, er at det generelt er sværere at investere, implementere og bruge teknologi og digitale værktøjer, når mange aktører i branchen er økonomisk under pres. Dansk Byggeri har for eksempel peget på, at byggeriet er udfordret af, at overskudsgraden i byggebranchen er meget lav på 4,5-4,7 procent (Deloitte 2019). Det skyldes blandt andet en hård priskonkurrence på markedet for at vinde udbud, så for at vinde opgaven er virksomhederne nødt til at byde ind med en pris, der er så lav, at investeringen i ny teknologi vil fjerne profitmarginen fuldstændig. Virksomheden skal altså være robuste nok finansielt til, at de kan klare at have projekter, der reelt koster dem penge, og anse det som en langsigtet investering i at implementere den nødvendige teknologi (McKinsey 2020).



Kapitel 4

Seks temaer af relevans for udbredelsen af ny teknologi og digitalisering

I det følgende afsnit ser vi nærmere på seks temaer, som er særligt interessant i forhold til at øge brugen af teknologi og digitalisering i byggebranchen.

De første fire temaer handler om potentialer i teknologien, som kan imødekomme de udfordringer som byggeriet som branche står overfor.

De første fire temaer handler om potentialer i teknologien, som kan imødekomme de udfordringer som byggeriet som branche står overfor: Et tema 1 om **bedre kommunikation og vidensdeling på tværs af byggeriets**

værdikæde, et tema 2 om **bedre brug af data på tværs af værdikæden**, et tema 3 om **muligheden for nye forretningsmodeller** og et tema 4 om **et mere bæredygtigt byggeri**.

Efter at have behandlet potentialerne vender vi blikket væk fra de konkrete teknologier og løsninger i byggebranchen, og sætter i stedet fokus på byggebranchens omverden. Den omverden belyser vi gennem to temaer: dels et tema 5 om **de rammebetingelser, som byggeriet opererer under** og dels et tema 6 om de væsentligste kendetegn ved **investeringerne i ConTech på både globalt plan og i Danmark samt hvad der kendetegner det danske ConTech-økosystem**.



Tema 1 **Bedre kommunikation og vidensdeling på tværs af værdikæden**

Som nævnt i afsnittet om byggeriets udfordringer, er der store udfordringer med kommunikation og vidensdeling på tværs af den fragmenterede værdikæde. Her kan ConTech forbedre flere forskellige aspekter af kommunikation og vidensdeling.

Ifølge Wired (2019) kan byggebranchen for eksempel blive mere effektiv og øge produktiviteten ved at fokusere på standardiserede bygge-informationsprotokoller, der kan bidrage til at forbedre kommunikationsprocesserne. DI Byg (2020) fastslår, at det især er i udførelsesfasen, når der løbende arbejdes med korrektioner og ændringer, at teknologien kan have positiv effekt på produktiviteten i byggeriet.

I manifestet for det digitale byggeri, der er udviklet af en række store organisationer inden for byggeriet i 2019, sættes der da også fokus på, at parterne i byggeriet skal samarbejde mere om at bruge data og benytte samme datagrundlag. Det gælder alt fra bygherre til arkitekt, ingeniør, entreprenør og håndværker. Der lægges desuden vægt på, at ledere og medarbejdere skal uddannes, så de kan forstå og arbejde med digitale data, samt at staten skal gå foran.

En forbedring af kommunikation og vidensdeling dækker over to aspekter: For det første en bedre anvendelse af digitale projekterings- og kommunikationsværktøjer til at koordinere processen, som der er enighed om i litteraturen om, er en lavthængende frugt i forhold til at forbedre produktiviteten i byggeriet (Wired 2019, sammen om fremtidens byggeri, digitalt byggeri_manifest). For det andet en bedre brug af teknologier, der understøtter etableringen af faste, ensartede strukturer for vidensdeling, erfaringsudveksling og kvalitetssikring i forhold til selve design- og produktionsstyringen i form af for eksempel BIM og VDC (MTHøjgaard 2019; IDA 2020; Dagens Byggeri 2015).

Digitale projekterings- og kommunikationsværktøjer

Når der i litteraturen tales om et forbedringspotentiale i arbejdet med digitale projekterings- og kommunikationsværktøjer, så tales der primært om potentialet i at forbedre og sikre overgangene mellem projekterings- og udførelsesfasen, samt sikre stabilitet i forsyningskæden og de relaterede administrative processer.

I forhold til overgangene mellem projekterings- og udførelsesfasen peger litteraturen på, at selv relativt simpel brug af BIM og digitale visualiseringsværktøjer kan forbedre vidensudvekslingen i disse overgange betragteligt. Ved at sikre at byggetegningerne er tilgængelige digitalt og ved at sikre, at den relevante byggeinformation er lagret digitalt, reduceres både den tid og de ressourcer som udvekslingen af information kræver, ligesom risikoen for fejl minimeres. I litteraturen peges der i særlig grad på, at potentialet er stort i forhold til at implementere brugen af sådanne simple digitaliseringsværktøjer i det udførende led, hvor de er mindst udbredte. Den undersøgte litteratur peger også på, at gentagelser og gennemgående strukturer reducerer risici og uforudsete omkostninger, fordi systemerne reducerer personafhængigheden (Sammen om fremtidens byggeri).

I forhold til forsyningskæden er fokus i høj grad på bedre omkostningsstyring af f.eks. indkøb. Gennem digitalisering af arbejdsgange omkring indkøb, bliver det muligt at benytte relevante data om omkostninger, tilgængelighed, lead times, risici samt service og kvalitetsparametre til at forhandle sig til de mest optimale aftaler (McKinsey 2017). Når digitalisering implementeres i alle processer i virksomhedernes supply chains, forbedres logistikken og just-in-time-levering bliver muligt. Litteraturen finder, at det er grundlæggende afgørende for byggeriet at opnå en mere strømlinet supply chain. Dette kan bl.a. gøres ved at anvende digitale værktøjer, der giver virksomhederne mulighed for automatisk at tracke kvitteringer og varer, og derved fjerne behovet for at matche fakturaer (McKinsey 2017). Cloud teknologi er også velegnet til at sikre et velfungerende samarbejde på tværs af værdikæden (The Information Economy: A Study of Five Industries).

Building Information Modelling (BIM) og Virtual Construction Design (VDC)

Udover værktøjer til at kommunikere mere effektivt i processen findes teknologier som BIM og "digitale tvillinger", som er blandt de tre mest anvendte teknologier i dag i byggebranchen. De forventes også at være blandt de mest indflydelsesrige teknologier i løbet af de næste tre år (Digitalt barometer 2020).

Med BIM bruger man 3D-modeller til at simulere byggeriet digitalt, både inden selve byggeriet går i gang på byggepladserne og undervejs. Herved gennemføres projekter digitalt, så de problemer, der vil opstå kan løses digitalt. BIM skaber derfor muligheder for at dele information mellem aktører gennem hele byggeprocessen på en standardiseret måde gennem fælles, standardiserede protokoller f.eks. gennem tiltag som buildingSMART.

I litteraturen finder vi to aspekter af denne standardisering: Standardisering af platforme, dataformater og processer, og standardisering af selve informationssystematikken. Standardiseringen af platforme, dataformater og processer handler om at mindske transaktionsomkostningerne ved at dele viden og data i de enkelte projekter, mens standardisering af informationssystematikken handler om at etablere branchestandarder for, hvilke informationshierarki, der er det mest optimale (Deloitte 2018; McKinsey 2018; Wired 2019).

Som et eksempel på den mere avancerede brug af BIM, præsenterer McKinsey i sin rapport fra 2020 fem idéer, der skal være med til at øge produktiviteten i byggebranchen. Heriblandt findes brugen af 5D BIM, som kobler 3D BIM med to ekstra dimensioner: tid og omkostninger. Dermed bliver det muligt både i designfasen og undervejs i udførelsesfasen at forholde sig til, hvad ændringer i for eksempel design og valg af materialer vil betyde for projektets tidsplan og omkostninger, hvilket giver langt bedre mulighed for at planlægge den mest effektive byggeproces og det samlet set mest effektive byggeri. I litteraturen nævnes også muligheden for ligefrem at koble 5D BIM med augmented reality (AR), og direkte præsentere et 5D outcome, der kan tilgås via AR direkte på byggepladsen, så man real time kan se, hvad foreslåede ændringer vil betyde for byggeprocessen og dermed bidrage til at forbinde projekterings- og udførelsesfasen direkte. Brugen af BIM er dermed også grundlaget for nogle af de potentialer, vi beskriver i næste afsnit, hvor man via simuleringer og bedre brug af data kan forbedre risikostyringen og løse mange af de problemer, der traditionelt først løses på byggepladsen og derfor medfører forsinkelser.

Tema 2 Bedre brug af data på tværs af værdikæden

Øget adgang til samt kobling, brug og analyse af data øger markant mulighederne for at simulere og analysere forskellige scenarier. Dette er både centralt for selve byggeprocessen og bygningens efterfølgende drift samt udvikling af bygningsdesigns, der dermed både kan skabe en mindre fragmenteret værdikæde og mere effektive designprocesser.

En mindre fragmenteret værdikæde

Brugen af teknologier som BIM, AI/ML, "digitale tvillinger" og IoT som sensorteknologi kan bidrage til en mindre fragmenteret værdikæde, fordi det markant øger mulighederne for at foretage simuleringer og analyser allerede i design- og projekteringsfasen. Derved skabes en mere samarbejdende og inddragende designproces. Det kan for eksempel dreje sig om tidligere og mere robust beregning af Total Cost of Ownership (TCO), bygningens forventede klimabelastning, brugskomfort samt bygbarhed og kritiske afhængigheder. Det kan også bruges til at minimere forsinkelser gennem løbende analyse af mulige brud på og flaskehalse i byggeprocessen. Endelig kan integration af sensorer og droneteknologi optimere bygningens efterfølgende drift.

De tidligere simuleringer betyder, at mange af de beslutninger, der tidligere blev truffet i udførelses- og driftsfasen, nu kan træffes på et oplyst grundlag allerede i projekteringsfasen i såkaldte **kollaborative designprocesser** (IDA 2016; IDA 2020; MTHøjgaard 2019). Det kan også betyde, at viden og ekspertise fra disse aktører bliver essentielle tidligere i processen end det klassisk har været tilfældet, i en løsningsorienteret sparring mellem de projekterende og udførende parter (MTHøjgaard 2019; IDA 2020). Kombinationen af mulighederne for at lave et grundigere, scenariebaseret forarbejde og for at inddrage flere aktører tidligere i processen har potentialet til skabe meget mere strømlinede byggeprocesser, som det kendes fra andre industrier som f.eks. luftfart, skibsfart og bilindustrien, i stedet for den klassiske, fortløbende byggeproces (MTHøjgaard 2019; IDA 2020).

IoT og automatisering kan også benyttes til at **optimere selve byggeriet** ved for eksempel automatisk at opretholde

en vis beholdning af reservedele, hvilket også bidrager til øget fleksibilitet (Teknologisk Institut 2019). Øget brug af IoT kan endvidere forbinde forskellige sites, maskiner og medarbejdere, hvilket øger operationel effektivitet og sikkerhed. Det kræver investeringer i sensorer og tags til byggepladser, maskiner og medarbejdere. Med investeringer i denne type udstyr, kan udvikling i performance og vedligehold måles løbende, og analyser af processer, ressourcer, performance og miljømæssige forhold kan gennemføres i realtid. Hvis der investeres i dette, forventes det, at virksomhederne kan forbedre de operationelle processer gennem optimering af tid og ressourceforbrug, øget performance på projekter og bedre overblik over og vedligeholdelse af udstyr i byggeprocessen.

Endelig giver en øget brug af data også muligheder for at **koble byggeri og drift** bedre sammen, så det bliver lettere for bygherren at forholde sig til Total Cost of Ownership (TCO) (McKinsey), via robuste scenariebaserede omkostningsmodeller for bygherren, der analyserer konsekvenserne for både udførsels-, men også driftsfasen gennem løbende information om renoverings- og udskiftningsbehov – også selvom bygherren ikke nødvendigvis har meget erfaring med byggeprocesser (McKinsey). Brugen af sensorteknologi og smart building-teknologi kan også udfordre den ellers klassiske opdeling af byggeriets værdikæde, hvor opførelsen af bygninger og den efterfølgende drift af bygningen været to meget adskilte sfærer. Sensorteknologi og smart buildings giver imidlertid de aktører, der opfører bygningerne en direkte mulighed for at integrere IoT i byggeriet. På den måde, har entreprenøren en mulighed for at sikre, at driftskritisk data indsamles om bygningen, hvorved driften af bygningen kan modelleres allerede i projekteringsfasen (KMPG 2019; Teknologisk Institut 2018).

Mere effektive designprocesser

Bedre brug af data, analyser og simuleringer, kan også bidrage til at skabe mere effektive designprocesser (KPMG 2019). Ved brug af automatiseret design bliver det muligt at benytte algoritmer til at skabe udkast til mulige design baseret på en række kriterier opstillet på baggrund af ønsker for det specifikke projekt. Udkastene kan derefter rettes til og finpudses.

Optimeringen af designprocesserne kan anskues som et kontinuum fra meget simpel optimering til meget komplekse. I den mindst komplekse udgave bruges BIM-teknologi som kommunikations- og koordineringsværktøj, som beskrevet på side 17. På den måde sikres en mere demokratisk adgang til designprocessen, da alle kan byde ind. Optimeringen kan også ske med lidt højere grad af kompleksitet, ved at man benytter analyse- og simuleringværktøjer knyttet på BIM-modellen til at teste løsninger før de bygges. Herved skabes der reelle muligheder for at vurdere designets udførlighed allerede i designstadiet, og det bliver muligt at automatisere dele af modelleringen, f.eks. produktionen af tegninger. I den mest avancerede ende af skalaen finder vi generative design. Her vender man designprocessen på hovedet, og benytter software værktøjer til at generere design på baggrund af en række inputparametre. Det giver især værdi meget tidligt i design- og konceptfasen til for eksempel af simulere indretning af grunden og lave den første grove udformning af bygningen, hvor mange parametre som energi, dagslys, udsyn, mm. kan kobles med de fysiske rammebetingelser og lokalplanskrav (McKinsey 2016; Deloitte 2018; KPMG 2019).



Tema 3 Nye forretningsmodeller, hvor aktører tager større dele eller hele værdikæden og standardiserer arbejdet mere

En stor del af litteraturen peger altså på, at teknologi og digitale værktøjer giver mulighed for i højere grad at indfri potentialet i bedre samarbejde. Men en anden del af litteraturen har et mere radikalt syn på dette, hvor der peges på, at den asymmetriske viden om, fordeling af og brug af digitale teknologier i værdikæden giver de mere teknologi-intensive aktører mulighed for at "disrupte" værdikæden.

Når den teknologiske udvikling muliggør bedre samarbejde på tværs af værdikæden, så muliggør den også, at de aktører, der er længst fremme i den teknologiske udvikling, gentænker selve produktionsprocessen eller selv tager ejerskab på dele af værdikæden, som tidligere lå hos andre aktører (McKinsey, 2020). Overordnet set kan skiftet i forretningsmodel ses på tre parametre: en **øget brug af præfabrikerede moduler, off-site-produktion og automatisering** af byggeprocessen, en **øget grad af specialisering** inden for bestemte typer af byggeri, og en ændret forretningslogik, der går **fra at levere timer til at levere værdi**.

Brug af moduler, off-site-produktion og automatisering

Brugen af præfabrikerede moduler beskrives som en af de største trends for udviklingen af byggeriet (McKinsey), og kommer til at have stor indflydelse på fremtidens byggeri. Størstedelen af byggeriet foregår stadig on-site (McKinsey 2016), hvor man stort set starter fra bunden



med en skræddersyet løsning, hver gang man starter et byggeprojekt op. Men der er betydelige stordriftsfordele ved i højere grad at anvende præfabrikerede moduler (McKinsey 2018), som i højere grad også kan samles off-site. Udover at være mere effektivt i selve produktionen, så har det også den fordel, at fremtidens byggeri i endnu højere grad vil skulle tage hensyn til pladsrelaterede logistiske problematikker, mangel på (kvalificeret) arbejdskraft, højere krav til sikkerheden samt højere miljømæssige standarder.

På den baggrund bevæger dele af byggebranchen sig mod masseproduktion, baseret på præfabrikerede, standardiserede letvægtsmaterialer, såsom prefabricated pre-finished volumetric construction (PPVC). Når materialerne samles off-site øges desuden forudsigeligheden og sikkerheden, og det udførte arbejde bliver mere konsistent og gentageligheden øges. Denne tilgang anvendes i øjeblikket primært på byggeri af hoteller, institutioner eller lavbudgetboligbyggeri, men der er

principielt intet til hinder for, at produktionslogikken kan overføres andre typer af byggeri.

En fordel ved at arbejde mere modulbaseret og standardiseret er også, at det giver mulighed for en øget grad af **automatisering af on-site arbejde**. Fordi komponenterne til bygningerne i højere grad er standardiserede moduler, så er det også langt mere effektivt (og tit mere sikkert) at programmere robotter til at samle komponenterne on-site. Det gælder for eksempel murer- og svejserobotter, der kan bidrage til at optimere processen og skabe stordriftsfordele ved at udføre fliselægning, nedrivning, brolægning, etc. Et andet eksempel er 3D print, hvor man for eksempel printer submoduler, der kan bidrage til effektivisering og optimering af design, omkostninger og tidsforbrug (McKinsey 2017).

Med præfabrikerede moduler, off-site produktion og automatiseret on-site arbejde, har byggebranchen mulighed for at arbejde med en produktionslinje, der mere minder om produktionslinjer i andre store produktionsindustrier, som for eksempel konstruktion af skibe, fly og biler (McKinsey 2020). Men et byggeri foregår stadig i en kontekst, som er markant anderledes end i de fleste andre produktionsindustrier, hvor automatiserede opførelser af bygningen skal tage højde for, at bygningen er direkte afhængig af det miljø, den bygges i og på, i en grad som det ikke er tilfældet med biler, fly eller skibe.

Der er i litteraturen eksempler på teknologi, der understøtter en høj grad af automatisering – bl.a. selvkørende navigationsteknologi til maskiner og droneteknologi (McKinsey), men robotteknologi kan selvsagt også bruges, selvom der ikke er tale om et fuldautomatiseret set-up. Droner, robotter og andre intelligente værktøjer kan for eksempel også spille en stor rolle, når det handler om sikkerhed på byggepladser, hvor robotterne kan udføre nogle af de mere risikable opgaver (KPMG 2019; McKinsey 2016). De kan fungere som et understøttende værktøj i de eksisterende processer, hvor bl.a. exo-skeletoner kan øge produktivitet, kapacitet og sikkerhed betydeligt, uden at der er tale om et fuldautomatiseret set-up (KPMG 2019; McKinsey 2016).

Øget specialisering

Byggeriets værdikæde har klassisk set været bygget op omkring aktører, der har været specialiserede indenfor et led i værdikæden (f.eks. leverandører af betonelementer, arkitekter eller entreprenører). Litteraturen peger imidlertid på, at skiftet fra projekt- til produktfokus i byggeriet, vil betyde, at nogle aktører specialiserer sig indenfor bestemte byggerier (f.eks. hospitaler), hvor de



så til gengæld sætter sig på flere led i værdikæden (står for både produktion af elementer, projektering og selve byggeriet). Litteraturen peger på, at fremtidens byggeri vil være præget af en øget specialisering i en sådan grad, at branchen over tid vil forgrene sig i virksomheder, der specialiserer sig som eksempelvis sygehusleverandører, familieboligleverandører, hotelleverandører, etc. (McKinsey 2020). Denne ændring af den traditionelle værdikæde i byggeriet er i høj grad forbundet med de muligheder som digitalisering og teknologi bibringer – særligt i form af modulær produktion og brug af robotter. Dette skifte i forretningsmodellen skaber også mulighed for, at nye og andre typer af bygherrer gør deres indtog i byggebranchen, fordi de kan se muligheder i de nye forretningsmodeller

Et godt eksempel herpå er virksomheden **WeWork**, der oprindeligt købte sig ind i eksisterende bygninger og tilbød at udleje kontorfaciliteter til start-ups og freelancere, og altså agerede i driftsfasen. I løbet af WeWorks ti-årige levetid har de udvidet deres fokus til også at udleje og drive kontorfaciliteter for større virksomheder som IBM og Amazon. Virksomheder, der ikke vil dele kontor med andre virksomheder, men som gerne vil skabe de bedst mulige arbejdsrammer for medarbejdere med færrest mulige omkostninger, og samtidig slippe for selv at skulle designe, indrette og drifte bygningerne. WeWork har gennem hele deres levetid gjort ekstremt meget ud af at opsamle data om brugen af deres bygninger, så de nu ved, hvem der bruger hvilke dele af en bygning på et givent tidspunkt og til hvad. Dermed ligger bygningens værdi ikke længere kun i kvadratmeterne, men også i de sofistikerede data, som afslører, hvordan man bedst udnytter kvadratmeterne. Samtidig har WeWork dermed også bevæget sig ind i selve opførelsen af kontorfaciliteter, hvor de bruger deres databaserede viden til at bygge eller renovere eksisterende bygninger, så de kan bruges mest effektivt. Da forventningerne til WeWork var på toppen nåede værdien af virksomheden op på USD 47 milliarder. Sidenhen fulgte dog en fejlslagen børsnotering og fyringen af deres CEO, og i dag er WeWork i gang med at justere virksomheden 180 grader mod de nye arbejdsformer som følge af corona-pandemien (Wired 2017, Business Insider 2020).

En anden virksomhed, der udnytter ny teknologi til at bryde de eksisterende markedsrammer, er den amerikanske virksomhed **Lennar Ventures**. Lennar bygger 35.000 nye enfamiliehuse i 23 amerikanske stater om året og har for nylig besluttet, at de vil integrere Wi-Fi, smarte låse, dørklokker, termostater og belysning i alle deres

nybyggede huse ved hjælp af Amazons digitale stemmeaktiveringsassistent, Alexa. Lennar Ventures har set, at fremtidens boligejere vil være optagede af, at det er nemt at implementere ny teknologi i deres huse. I stedet for blot at tjene penge på at sælge et lækkert nybygget hus, har Lennar nu mulighed for at gøre sig attraktive hos alle de forbrugere, for hvem smart home-applikationer er en vigtig faktor for deres valg af hus. Ved at Lennar installerer smart home applikationer bevæger de sig også ind i en fase af et byggeris levetid, som normale byggevirksomheder ikke ville orientere sig imod. Applikationerne bliver med integrationen i Lennars huse til en forudsætning frem for en tilføjelse til dit hus. Det gør Lennar til et mere relevant husvalg for fremtidens boligkøbere, samtidig med, at Lennar også via en aftale med Amazon tjener penge, hver gang beboerne bruger Alexa til at købe ind via Amazon (USA Today 2019).

Det sidste eksempel er virksomheden **Katerra**, der løbende udvider deres produkter og tilbud til flere og flere dele af byggeprocessen, hver gang de kan se, at de kan gøre noget mere effektivt og modulbaseret end de leverandører, de normalt ville bruge til opgaven. Det betyder, at de i dag har integreret hele værdikæden fra udvikling af projektet over design til udførelsesfasen. Deres mål er at kunne opføre bygninger langt hurtigere og billigere ved i høj grad at udvikle og bruge standardiserede moduler, som nævnt i afsnit 4.3.1. Inden for de seneste år har de f.eks. introduceret deres eget badeværelseskoncept, der kan installeres af to personer på blot én dag. De har også lavet deres egen fabrik, der anvender biometrisk scanning og high capacity sorting i produktionen af det avancerede byggemateriale cross-laminated timber (CLT) - et meget let byggemateriale, som vejer en sjettedel af beton, så Katerra kan producere CLT langt hurtigere. Dertil har de udviklet et modulbaseret energiplatform, der kombinerer forskellige energikilder i ét simpelt design, der gør det nemt at producere og installere (Hive for Housing 2019).

Fra timer til værdi

Et tredje aspekt, der ændrer og udfordrer de eksisterende forretningsmodeller, er overgangen fra at sælge timer til at sælge produkter og værdi, og dermed også udfordrer prissætningsstrukturen i branchen. Byggebranchen har traditionelt set været præget af et fokus på, hvor mange timers arbejde, der kan faktureres på et givent projekt til en given timepris. Her peger litteraturen på, at et øget produktfokus vil føre til, at produkter i langt højere grad prissættes efter den værdi de tilfører, og ikke hvor lang tid de tager at producere (McKinsey 2020).

I essensen betyder dette, at byggebranchen kommer til at minde mere om for eksempel bilindustrien – ikke blot i forhold til måden at producere på, men også i forhold til den endelige prissætning af det færdige produkt. Det er irrelevant for prissætningen af henholdsvis en Audi og en Skoda, at de basalt set består af de samme bestanddele og er produceret af samme koncern. Som forbruger

betaler man en del for status, prestige og brand, når man køber en Audi sammenlignet med en Skoda. Samme udvikling for byggeriet peges der på flere steder i litteraturen, hvor fokus på at skabe byggeprodukter, der også giver helt andre muligheder for branding og markedsføring af slutproduktet (McKinsey, 2020).



Tema 4 Mere bæredygtighed i byggeriet

De ovenstående afsnit har hovedsageligt fokuseret på muligheden for at optimere byggeriets produktivitet ved hjælp af ConTech. Følgende vil lægge vægt på, hvordan ConTech kan bidrage positivt til at forbedre bæredygtigheden i byggeriet.

Som beskrevet i indledningen står byggeriet for knap 40 % af CO₂-udledningen på verdensplan, men kun 13 % af den globale GDP (Dansk Byggeri). Derfor er der også stort fokus på at forbedre bæredygtigheden i byggeriet fra både politisk hold og fra branchen selv.

Et bredt klimapanel har for nyligt, for Danmarks Innovationsfond, peget på byggeri og anlæg som en central sektor i forhold til at sænke udledningen af CO₂ (Dansk Byggeri 2020). Og Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren har beregnet, at der alene på byggepladsen kan spares 850.000 ton CO₂ om året, hvis følgende seks initiativer implementeres fra 2021-2030: 1) Etablering af grøn elforsyning på byggepladsen, 2) CO₂-fri udtørring og opvarmning, 3) Fossilfri maskinpark på byggepladsen, 4) Krav om CO₂-regskab på byggepladsen, 5) Færre materialer, spild og affald og 6) Bedre planlægning og proces på byggepladsen.

Et andet relevant tiltag er boligminister Kaare Dybvads introduktion af den frivillige bæredygtighedsklasse, som et centralt element i den grønne omstilling af byggeriet. Den frivillige bæredygtighedsklasse bliver et værktøj, som integreres i bygningsreglementet og kan hjælpe den enkelte bygherre på rette vej mod et mere bæredygtigt byggeri. Bæredygtighedsklassen består af ni konkrete bæredygtighedskrav til blandt andet byggematerialer, opførelse, vedligeholdelse, drift, indeklima, genbrug og genanvendelse, som skal sikre, at byggeri og boliger efterlever den frivillige bæredygtighedsklasse. Den frivillige bæredygtighedsklasse bliver gjort obligatorisk og indarbejdes som krav i bygningsreglementet fra 2022-2023 (Bæredygtighedsklasse 2020).

Endelig er der i markedet et øget krav om bæredygtighedscertificeringer, der dokumenterer, at en bygning består af grønne materialer og drives med grønne systemer. Et krav, der giver mulighed for at finde et fælles definitionsgrundlag for, hvor bæredygtigt et byggeri er. Der findes flere certificeringsordninger for byggeriets

bæredygtighed, heriblandt det tyske DGNB-system, det nordiske svanemærke for byggeri, det engelske BREEAM-system og det amerikanske LEED-system. Udfordringen er, at ordningerne typisk er meget komplekse og kræver avancerede beregninger, hvorfor brugen af ConTech bliver en forudsætning for at kunne udføre beregningerne (Byggematerialer 2020).

Branchen har allerede peget på, at digitalisering og brugen af teknologi er et centralt middel til at nå målet om øget bæredygtighed. I 2019 udkom en række store aktører i det danske byggeri med et "Manifest fra en samlet byggebranche 2019" med fokus på digitalisering og teknologi, hvor der også indgik en erklæring om øget bæredygtighed gennem digitalisering. Ifølge denne hovederklæring, er data grundlaget for viden og indsigt. Derfor indgår der i manifestet en insisteren på, at få data fra projekter og produktion stillet til rådighed i en form, der understøtter bygningens drift (Manifest fra en samlet byggebranche 2019).

Udover at leve op til de krav til bæredygtighed, der er kommet og vil komme fra både politisk niveau og fra markedet, er der også god forretningsmæssig logik i at være first movers på bæredygtighedsdagsordenen. McKinsey har påpeget, at virksomheder kan opnå en bæredygtig forretningsmæssig fordel ved at investere i teknologi, innovation og digitalisering (McKinsey 2016).

De bæredygtige tanker findes ikke kun som manifeste og blandt de mere eksperimenterende tiltag i branchen. Klimabevidstheden er også så småt ved at blomstre frem bredere i branchen. Hver femte virksomhed i bygge- og anlægsbranchen forventede således i 2018, at mere end halvdelen af deres byggematerialer vil være genanvendte materialer i løbet af de næste 4-5 år. Hver anden af virksomhederne havde gjort sig tanker om cirkulær økonomi, og hver fjerde virksomhed designede allerede produkter og bygninger med henblik på genanvendelse (Teknologisk Institut 2018).

Ligesom det gælder i forhold til generel fokus på digitalisering og teknologi, så er der dog også på bæredygtighedsdagsordenen forskel på store og små virksomheder, hvor større virksomheder i højere grad investerer i bæredygtige initiativer og satser på genanvendelse sammenlignet med de små virksomheder (Ibid.)

Litteraturen peger på, at næsten alle de nævnte teknologier og potentialer, der er nævnt i de tre foregående temaer, også er relevante i en bæredygtighedskontekst. Nedenfor opsummeres hvordan.

Simuleringer og brug af data til beregning af klimabelastning

For det første kan brugen af teknologier som BIM og kunstig intelligens bruges til at beregne hvilken klimamæssig effekt forskellige design- og produktionsmæssige valg vil have gennem simuleringer og analyser af en bygnings påvirkning af klimaet. Dette er som nævnt ovenfor særlig relevant i relation til bæredygtigheds certificeringer, da de komplekse beregninger, der ligger til grund for certificeringen er så komplekse og kan løses langt mere effektivt og korrekt af kunstig intelligens og machine learning. En analyse foretaget af MT Højgaard i 2019 finder, at et vel-fungerende BIM-samarbejde giver et grundlag for effektivt at arbejde med det digitale projektgrundlag i forhold til beregninger og simuleringer vedrørende bæredygtighed. Ved involvering af den rådgivende entreprenør og gennem brug af det digitale grundlag foranlediget af BIM muliggøres en realisering af potentialet for et mere bæredygtigt byggeri (MT Højgaard 2019). Eksempelvis udregning af bygningsdesigns, der kræver et lavere materialeforbrug eller kan sikre brugen af mindre klimabelastende materialer uden at gå på kompromis med funktionalitet, sikkerhed og holdbarhed.

En mere bæredygtig byggeproces

Selve byggeprocessen kan også gøres bæredygtig ved at gøre brug af både dataanalyser og sensorteknologi til at planlægge og styre selve byggeprocessen. Der kan for eksempel sikres, at byggeriet kan foregå hurtigere og med færre afbrydelser og dermed skabe mindre udledning fra maskiner på byggepladsen, færre fejl og mindre gentagelse af byggeprocesser. Der vil også kunne sikres mere effektiv transport af byggematerialer eller mindre forurenende el-drevne byggemaskiner med lavere CO₂-udledning til følge. Endelig kan man undgå omkostningstunge fejl med dermed lavere spild i selve byggeprocessen.

En mere bæredygtig drift

Et tredje sted, hvor teknologi kan nedbringe klimabelastningen er ved at sikre en tættere integration på tværs af byggeprocessen, hvor opførelsen af bygninger og den efterfølgende drift af bygningen integreres mere ved at entreprenører indbygger sensorteknologi i byggeriet, som kan bruges til at sikre en mere bæredygtig drift.

Genanvendelse og cirkularitet

Endelig giver ConTech mulighed for en mere cirkulær økonomi – et begreb, som gennem de seneste årtier været et buzzword i mange brancher, men som ikke desto mindre forventes at komme til at fylde langt mere i de kommende år og få stor indflydelse på samfundet som helhed og ikke mindst på byggeriet.

Cradle to cradle-konceptet, eller på dansk vugge til vugge, handler om at producere og designe produkter, så de har en positiv effekt på både økonomi, miljø og mennesker. I en fuldstændig cirkulær økonomi baseret på vugge til vugge-konceptet er der ikke længere noget affald, og alting bliver enten genanvendt eller brugt som ressource for noget andet.

Et potentiale for øget bæredygtighed knytter sig på denne måde eksempelvis til de muligheder, der ligger i mere automatiserede byggeprocesser, hvor robotter står for at samle byggedele baseret på digitale designmodeller. Det giver mulighed for, at robotter også kan stå for at skille byggeriet ad i forbindelse med en nedrivning og dermed sikre, at de genanvendelige dele af byggeriet bliver skilt fra de ikke genanvendelige på en langt mere effektiv måde. Denne tilgang bliver også kaldt for "Design for Disassembly", og der findes allerede eksempler på bygninger, der er designet til at kunne skilles ad igen. Det gælder eksempelvis Venlo City Hall i Holland, som er bygget efter en grøn nedrivningsplan, der instruerer i, hvordan bygningen en dag kan skilles ad igen (C2C Certified 2017). I en dansk kontekst er Projektet Circle House i gang med at blive opført med Lejerbo som bygherre og med udgangspunkt i cirkulære principper, der også betyder, at byggeriet skal kunne skilles ad igen, og de brugte elementer skal kunne genbruges næsten uden at tabe værdi.

Teknologier kan også gøre det nemmere, hurtigere og billigere at fjerne miljøskadelige stoffer på en forsvarlig måde. For eksempel har Teknologisk Institut arbejdet med en optimering af termisk oprensning af PCB og nedbrydning af cementmørtel med mikrobølger under Miljøstyrelsens Udviklings- og Demonstrationsprogram (Teknologisk Institut).

Tema 5 **Rammebetingelser**

I dette afsnit vender vi blikket mod den del af litteraturen, der fokuserer på rammebetingelserne for brugen af ConTech i byggeriet i Danmark, med fokus på tre forskellige typer af rammebetingelser:

1. De rammebetingelser som offentlige myndigheder stiller som bygherrer
2. De juridiske rammebetingelser, herunder særligt bygningsreglementet og byggeloven
3. De uddannelsesmæssige rammebetingelser og adgangen til kvalificeret arbejdskraft.

De rammebetingelser som offentlige myndigheder stiller som bygherrer

Der er bred enighed i litteraturen om, at de offentlige myndigheder kan påvirke rammebetingelserne for branchens brug af ConTech markant, og i særlig grad gennem den måde de agerer på som bygherrer. Mulighederne for at påvirke rammebetingelserne er både direkte og indirekte – direkte gennem de krav, som de stiller til leverandørerne omkring for eksempel samarbejde, bæredygtighed og vidensdeling, og indirekte gennem den måde, som de tildeler kontrakter på, der følger af Udbudsloven og Udbudsdirektivet. Den indirekte påvirkning beskrives flere steder som den mest markante – også fordi måden kontrakter tildeles på påvirker, hvilke krav der i øvrigt kan stilles.





I litteraturen peges der mange steder på u hensigtsmæssige udbudsstrukturer og tildelingskriterier, der hæmmer mulighederne for at øge produktiviteten eller bæredygtigheden gennem ConTech. I mange offentlige udbud tillægges pris for stor betydning som tildelingskriterie, til at det kan lade sig gøre for virksomheder at komme i gang med at bruge ConTech. Konkret bliver pris som tildelingskriterie hæmmende for virksomhedernes brug af ConTech på to måder:

For det første bliver pris som tildelingskriterie hæmmende, fordi byggeriet generelt opererer med så lave profitmarginen, som det er tilfældet. Derfor skal man som virksomhed, der overvejer at investere i ConTech være økonomisk robust nok til, at man selv kan bære investeringen i lang tid før den giver afkast. Man kan ikke regne med, at man kan tjene sin investering tilbage på højere kvalitet i de tilbud, som man afgiver, når pris er det dominerende kriterie (McKinsey 2020).

En anden udfordring ved at have pris som det primære tildelingskriterie er, at det bliver et åbent spørgsmål, om investeringen i ConTech på længere sigt reelt bliver en konkurrenceparameter. Fordi ConTech, som nævnt tidligere, kan reducere driftsomkostningerne gennem brug af data i driftsfasen, så vil det være en konkurrencefordel at bruge ConTech og for eksempel IoT, hvis priskriteriet også tager højde for den efterfølgende drift. Hvis priskriteriet er tænkt med afsæt i den traditionelle værdikæde, så bliver det tilsvarende vanskeligt at vinde et udbud ved at disrupte denne værdikæde. Et tildelingskriterie, der i højere grad fokuserer på TCO, vil i højere grad tilgodese de virksomheder, der er langt i brugen af teknologi (McKinsey 2017; 2020).

Opsummerende kan det siges, at litteraturen peger på tildelingskriterier i offentlige udbud som en markant faktor, der påvirker virksomhedernes muligheder og incitamenter til at investere i ConTech. I mange tilfælde er der et så udtalt fokus på pris i tildelingskriterierne, at det hæmmer særligt de mindre virksomheders incitament til at investere i ConTech. Her bliver skala en forudsætning for at kunne bære de initiale investeringsomkostninger, og den skala er primært tilstede i design- og projekteringsfasen, da der er væsentligt flere store virksomheder her end i udførelsesfasen. Dermed er der tale om en strukturel rammebetingelse, der modvirker, at de små og mellemstore virksomheder investerer i ConTech (McKinsey 2017).

I litteraturen findes et ønske om, at politikerne må bidrage til at skabe de rette betingelser for innovation og skabe et innovationsmiljø, der opfordrer til at investere i de nye teknologier, processer og forretningsmodeller. Hertil hører det sig at nævne, at 80% af de virksomheder, der bygger offentligt nybyggeri allerede oplever, at der stilles krav til graden af digitalisering (Digitalt barometer 2020). Eksempler på dette er, at Strategi for digitalt byggeri foreslår, at udbudsvejledningerne for almene og kommunale bygherrer skal suppleres med vejledning om brug af digitale værktøjer i opstarts- og projektafklaringsfasen, udformning af udbud og anvendelse af digitale værktøjer som led i udbudsprocessen (Transport-, Bygnings-, og Boligministeriet 2019).

Juridiske rammebetingelser fra offentlige myndigheder

Udover at det offentlige sætter rammer som bygherrer og gennem udbudspraksis, sætter det offentlige også de juridiske rammebetingelser for brugen af ConTech. Her er der særligt to aspekter, som litteraturen peger på: Bygningsreglementet og immaterialret (Intellectual Property Rights).

Bygningsreglementet er den bekendtgørelse, der udspecificerer de lovgivningsmæssige krav i Byggeloven, samt vejleder om, hvordan byggeri skal gennemføres håndværksmæssigt korrekt, samt teknisk og sikkerhedsmæssigt forsvarligt (Transport- og Boligministeriet 2019). På det mere tekniske plan er bygningsreglementet i Danmark primært bygget op omkring funktionalitetskrav ledsaget af en teknisk vejledning, der angiver, hvordan kravene til funktionalitet kan imødekommes (bygningsreglementet.dk 2020). I forhold til ConTech er dette interessant i to perspektiver. For det første, fordi det stiller krav til driftssikkerheden i de teknologiske løsninger. Hvis produktiviteten skal øges, skal løsningerne systematisk levere robuste resultater.

For det andet rummer ConTech-løsninger potentialet til at lette dokumentationen for, at et byggeri lever op til bygningsreglementets krav. Gennem øget modularisering og off-site produktion, kan der opnås betydelige effektiviseringer, ved at dokumentere at en produktionslinje lever op til givne funktionalitetskrav. Udover bygningsreglementet stilles der i BEK 118 og BEK 119 krav til at offentlig bygherrer sikrer en standardiseret anvendelse af IKT i visse byggeprojekter (entreprisesum 5 mio. for stat og 20 mio. for kommune og region) (Transport-, Bygnings- og Boligministeriet 2013A; 2013B).

Hvor bygningsreglementet og BEK 118/119 regulerer de krav, der er til byggeriet og anvendelsen af IKT i byggeriet, så er de **immaterielle rettigheder** et område, hvor litteraturen peger på, at der kan opstå et behov for øget regulering. Samarbejdsmodeller, hvor alle parter deltager i de tidlige faser af projekteringen og modelleringen, og hvor data udveksles løbende mellem de forskellige parter, kan skabe uklarhed om, hvem der ejer de immaterielle rettigheder (Transport-, Bygnings- og Boligministeriet 2019). Særligt for arkitektbranchen er immaterielle rettigheder en central del af forretningsmodellen, og sikring af klarhed om de immaterielle rettigheder er en forudsætning for, at data kan udveksles på en tillidsfuld måde.

Uddannelse og kompetenceudvikling

Det sidste aspekt af rammebetingelserne er adgangen til kvalificeret arbejdskraft. Her peger litteraturen på, at byggeriet står overfor en stor strukturel udfordring, da særligt udførelsesfase traditionelt set har bestået meget af lavtuddannet arbejdskraft. For at kunne drage fordel af de muligheder som de teknologiske fremskridt tilbyder, så vil det i de kommende år være essentielt at få opkvalificeret arbejdskraften, så forudsætningerne for at forstå og anvende teknologien er tilstede i virksomhederne.

Staten opfordres af en række centrale organisationer og virksomheder til at gå foran. Foruden regeringen og staten, opfordres også universiteterne til at fokusere mere på byggeriets produktionsprocesser. Der er et ønske om, at ingeniørfagligheden sættes ind i en forståelse af de processer, der skal arbejdes med for at skabe effektive og nyskabende løsninger på de markante udfordringer, samfundet står overfor (Licitationen 2019). WHO forudser desuden, at fremtiden arbejdsmarked generelt udvikler sig i en retning, hvor det bliver nødvendigt at udnytte ekstra skattekrone fra øget produktivitet i samfundet til at skabe et socialt sikkerhedsnet og hjælpe industrien med at arbejde mere målrettet med uddannelse; både i form af re- og opskilling. Det understreges, at det ikke kun er højtperformende medarbejdere, der skal tilbyde efteruddannelse, og at de konventionelle industrier, såsom byggeriet også er nødsaget til at tænke i den retning (World Economic Forum 2018).

Fælleseuropæiske og internationale standarder

På fælleseuropæisk plan foregår der også en del arbejde med at harmonisere og standardisere informationsteknologi, herunder BIM. Udover det arbejde, der laves på fælleseuropæisk og internationalt niveau under rammerne af CEN og ISO, arbejdes der også med standardisering af den digitale transformation af byggeindustrien i for eksempel buildingSMART.

På procesniveau er det relevant at pege på den fælles standard for BIM-processer DS/EN ISO-19650. Denne fælleseuropæiske standard beskriver koncepter, principper og processer for organisering, digitalisering og styring af information for hele livscyklens for et byggeri. Standarden er dermed en måde at ensarte projektstyringen omkring informationsdeling i hele byggeriets værdikæde, og et eksempel på, hvordan der kan skabes ensartede systemer for informationsudveksling (Dansk Standard 2018). Det er væsentligt at holde sig for øje, at fordi der er tale om en ISO-standard, så beskriver DS/EN ISO-19650 en standardiseret proces for informationsdeling. Standarden beskriver således ikke, hvordan informationshierarkiet er struktureret eller hvordan forskellige typer af information skal klassificeres i forhold til hinanden. Det er et område, der er genstand for en del debat i disse år, og et område, der har potentiale til at strømline anvendelsen af BIM yderligere.





Tema 6 Investeringer og det danske ConTech økosystem

I dette tema ser vi først på, hvilke faktorer, der henholdsvis driver og hæmmer investeringerne i ConTech, samt hvor investeringerne kommer fra både globalt set og i en dansk kontekst. Derefter ser vi på det danske ConTech økosystem og hvad der kendetegner de danske ConTech-leverandører.

Investeringer i ConTech

Byggeriet som branche har historisk set været karakteriseret af en lav grad af investering i R&D sammenlignet med andre brancher (Smith Innovating Construction 2013). Dette gælder i særlig grad investeringer i det udførende led af byggeriet, der traditionelt har været karakteriseret af at være lavteknologisk og arbejdskraftintensiv. En analyse fra McKinsey peger dog på, at antallet af investeringer i ConTech er fordoblet inden for det sidste årti, og at investeringerne indtil videre også har skabt øget værdi. Virksomheden JLL finder samme tendens; at investeringerne er stigende. De peger især på, at der investeres i ConTech-start-ups, og at det især skyldes

muligheden for at kunne levere projekter hurtigere og med færre ressourcer end tidligere.

Så hvorfor investeres der i ConTech i højere grad end tidligere? Litteraturen peger på en række strukturelle faktorer, der gør det interessant at investere i byggebranchen, men også en række faktorer der hæmmer investeringerne. Jo mere det lykkes ConTech-leverandørerne at udnytte disse drivere og imødegå de faktorer, der hæmmer investeringerne, jo mere sandsynligt er det, at de kan tiltrække investeringer – særligt fra nye typer af investorer, der traditionelt har holdt sig fra byggebranchen (JLL 2018).

Den første faktor, der gør det interessant at investere i byggebranchen er **sektorens størrelse**. Globalt set udgør sektoren som nævnt 13% af BNP, og der er potentielt enorme gevinster at hente i branchen. McKinsey estimerer i deres rapport fra 2020, at 40-45% af den årlige værditilførsel til byggeriets aktører risikerer at skifte hænder i den kommende tid, og kan overtages af aktører, der formår at udkonkurrere de andre. På globalt plan betyder det en årlig værditilvækst på op mod 1800 mia. kr. som kan skifte hænder. Der er således masser af værdi i spil, til at skabe forretning på investeringerne (McKinsey 2020).

Den anden faktor, der gør byggeriet interessant ud fra et investeringsperspektiv, er at der er en **høj grad af stabilitet i efterspørgslen på byggeri**. Folk har brug for noget at



bo i, og der er intet i de demografiske fremskrivninger, der tyder på at dette behov bliver mindre. Både befolknings-tilvæksten og den faldende andel af verdens befolkning, der lever i fattigdom, tilsiger, at den strukturelle efterspørgsel i byggeriet vil stige, både på kort og på langt sigt (McKinsey 2020).

Den tredje faktor er, at **branchen er presset til forandring af udefrakommende faktorer**. Som nævnt flere gange tidligere har branchen længe været kendetegnet ved lav produktivitet, og det øgede fokus på klima og bæredygtighed i de seneste år har i høj grad været medvirkende til, at de nuværende produktionsmetoder i byggeriet er under pres. Dette forandringspres, sammenholdt med den generelt lave grad af digital og teknologisk modenhed i branchen gør, at der er muligheder for store gevinster, ved målrettet investering i ConTech (McKinsey 2020). I Danmark ses dette bl.a. ved at Danmarks Innovationsfond, som nævnt, har peget på byggeri og anlæg som en central sektor i forhold til at sænke udledningen af CO₂. Det er dermed et oplagt indsatsområde for de 1,5 mia. kr., som regeringen har afsat til at styrke den grønne forskning i 2020.

Side om side med ovennævnte faktorer eksisterer der dog også tre faktorer, der hæmmer investeringerne i byggeriet som branche. Langt de fleste aktører i byggeriet opererer med **en meget lav profitmargin**, hvilket er en hæmsko for

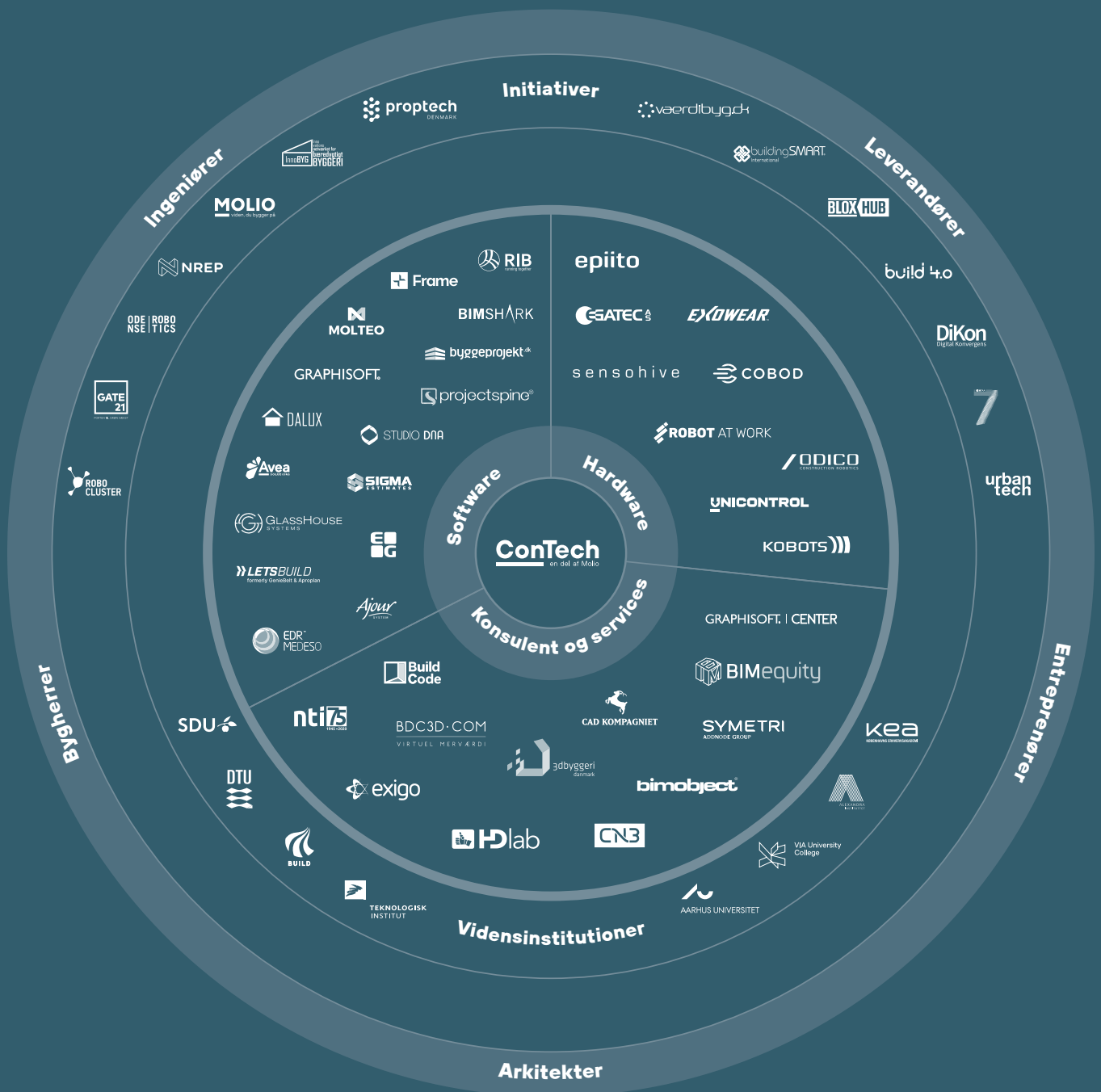
investeringslysten – både fordi det mindsker de ressourcer, som aktørerne selv kan investere, og fordi det gør det vanskeligere at tiltrække eksterne investeringer.

Den anden faktor, der gør det mindre attraktivt at investere i byggebranchen er, at **branchen er enormt volatil** og meget sårbar overfor økonomiske konjunkturudsving (Dansk Byggeri 2019). I økonomiske nedture og kriser er det ofte byggeriet, der bliver først og hårdest ramt, og denne sårbarhed kombineret med lave profitmarginer gør, at man som investor enten skal operere med en relativt lang investeringshorisont eller med en høj grad af risikovillighed.

Den tredje faktor relaterer sig direkte til **byggeprocesserne**. Grundet at byggeriets værdikæde er så fragmenteret og fordi, der ofte er tale om meget komplicerede og omkostningstunge processer, så er byggebranchen traditionelt set kendetegnet ved høje entry-barrierer for nye software-udviklere – både på investering og på viden. Fordi processerne er omkostningstunge, og fordi branchen er volatil, skal man som investor være villig til at acceptere store risici eller binde betydelige midler i meget lang tid. Derudover bidrager de komplekse processer og uformelle strukturer til at branchen er meget lidt transparent for investorer, der ikke har lang erfaring med byggebranchen (Deloitte 2018).

Det danske ConTech økosystem

Youth Excellence Consulting (YEC) har for Molio lavet en foreløbig kortlægning af det danske ConTech økosystem (YEC, ikke udgivet), som er visualiseret i modellen nedenfor.



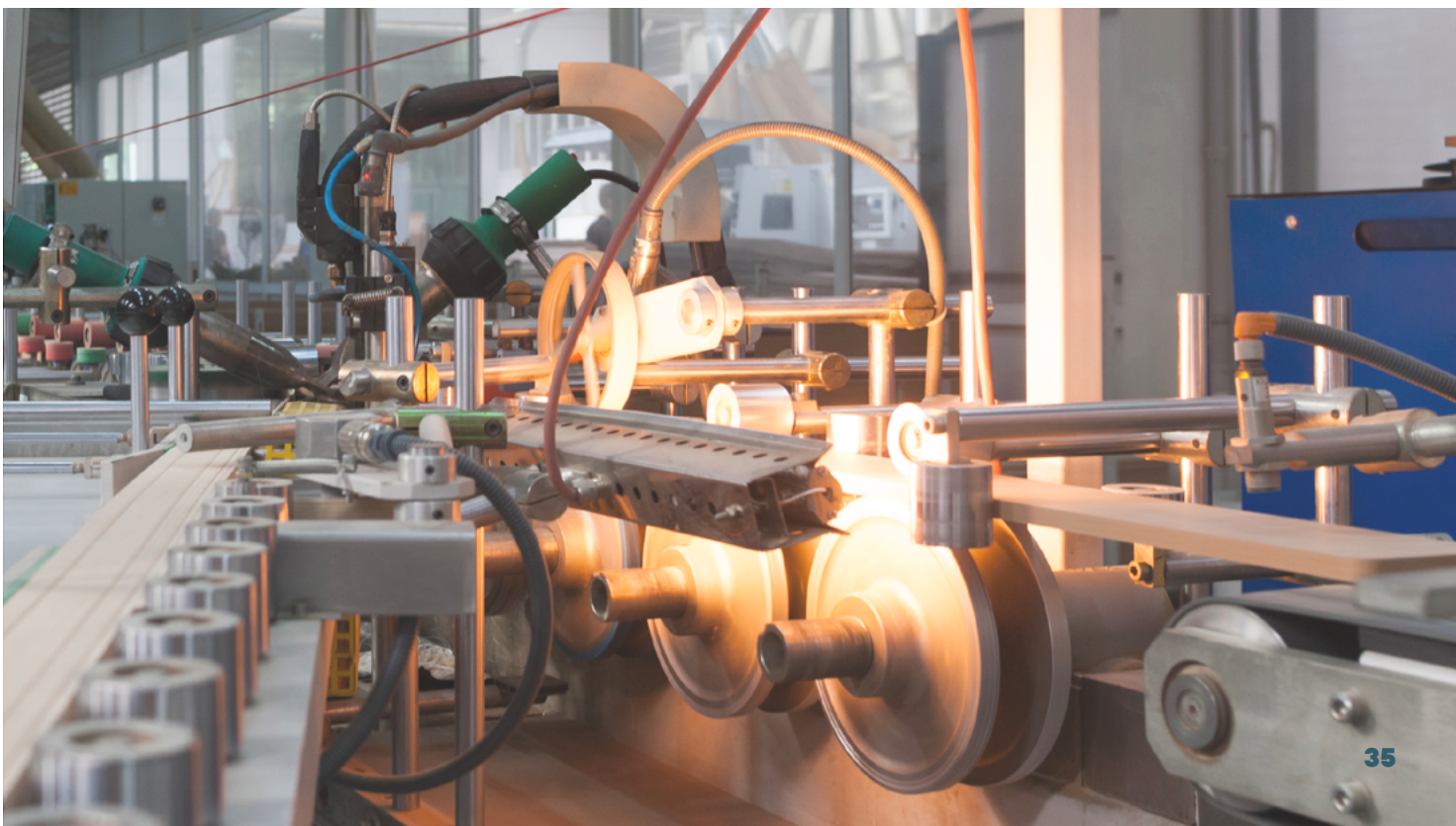
Som en del af dette litteraturreview har vi fået lavet en foreløbig kortlægning af det danske ConTech økosystem, som er visualiseret i modellen på foregående side.

Kortlægningen har vist, at ConTech-virksomhederne i økosystemet kan deles op i tre overordnede grupper: virksomheder, der tilbyder konsulentytelser og rådgivning om øget brug af ConTech; virksomheder, der tilbyder hardware i form af f.eks. robotter; og virksomheder, der tilbyder software i form af f.eks. kommunikationsplatforme og systemer til at analysere data og simulere scenarier for byggeriet og byggeprocessen.

Udover ConTech-virksomhederne, så består økosystemet også af en række vidensinstitutioner, der både forsker i og afprøver konkret brug af ConTech, samt en række netværk og initiativer, der på forskellig vis arbejder med at understøtte brugen af ConTech. Initiativerne er i øvrigt kortlagt yderligere i rapporten Branchens Initiativer, som også indgår som en del af denne forundersøgelse.

Som nævnt ovenfor finder McKinsey, at investeringerne i ConTech er stigende på globalt plan, og at investeringerne i høj grad også kommer fra kapital- og venturefonde.

Dette gør sig dog ikke gældende i Danmark. I 2020 har YEC for Molio gennemført en kortlægning af danske VC- og kapitalfondes investeringer i danske ConTech-virksomheder (YEC, ikke udgivet). YEC har i kortlægningen kun kunnet finde to investeringer i ConTech i Danmark fra VC fonde siden 2018, og har via interviews med fonde afdækket, at der ikke findes nordiske VC fonde, der fokuserer på ConTech. De danske investeringer, der er sket i ConTech har derfor enten været fra business angels, i nogle få tilfælde fra udenlandske kapital fonde eller oftest fra byggebranchen selv i form af enten ConTech-leverandørerne eller de større og mere etablerede ingeniør- og entreprenørvirksomheder. Som begrundelse for de manglende investeringer nævnes blandt andet, at ConTech ikke opleves som nemt at skalere, hvilket er et fokuspunkt for fondene. Dertil at der er interesse fra VC- og kapitalfondene, hvis ConTech-start ups kan overbevise dem om skalerbarheden og mulighederne for profit.



Kapitel 5

Tilgang til måling af effekt og KPI'er for digitalisering

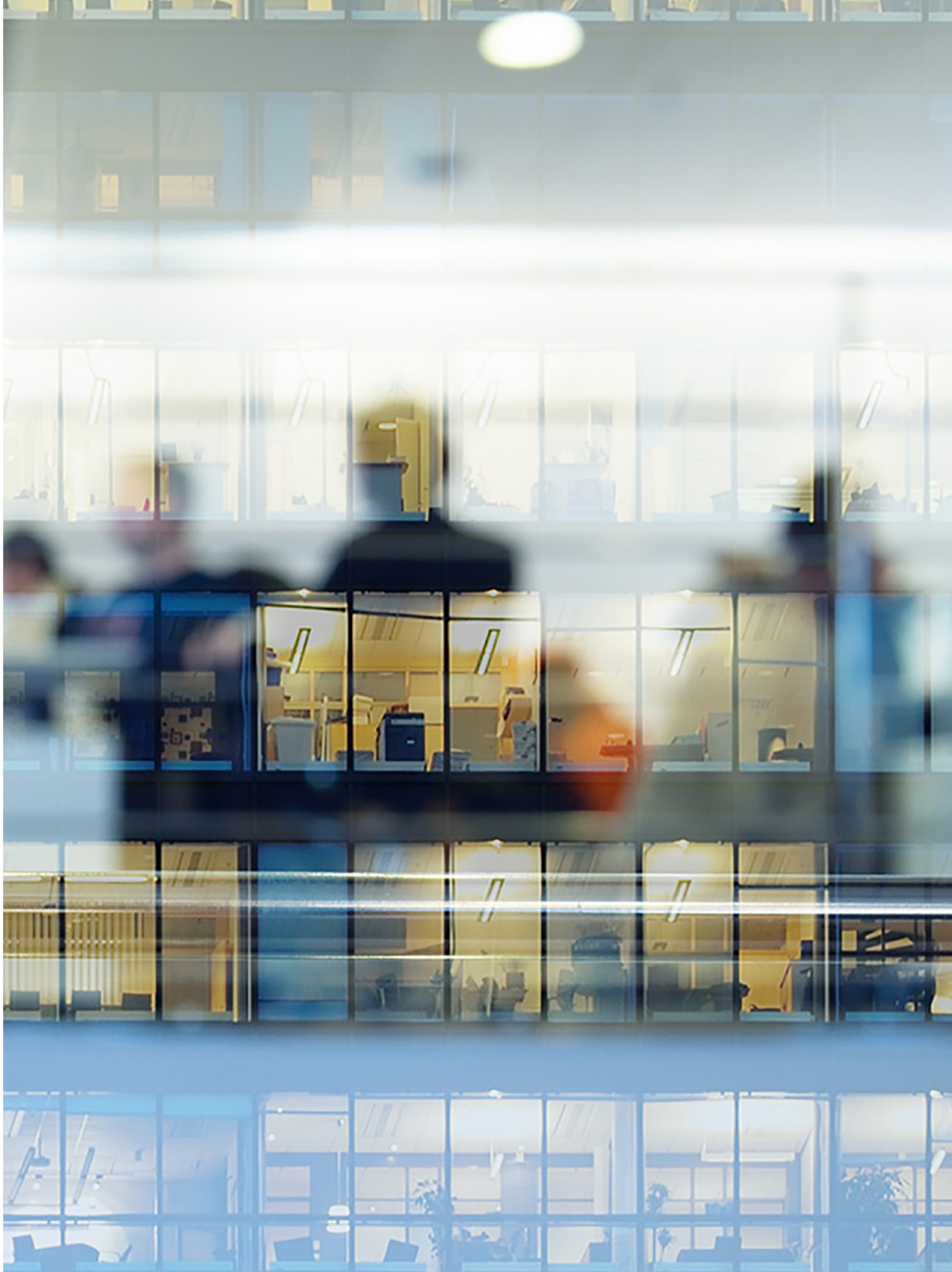
Som en del af litteraturreviewet har det også været et mål at afdække hvilke tilgange og modeller for effektmåling af digitalisering i byggeriet, der kan findes i litteraturen. Det er på trods af grundig søgning ikke lykkedes at finde frem til litteratur, der specifikt adresserer, hvordan man bedst måler på dette konkret i projekter eller på tværs af udvalgte projekter.

Den litteratur, der findes, omhandler primært fremskrivninger af, hvilke gevinster og effekter, man kan forvente på overordnet brancheniveau, hvis branchen bliver mere digital (som f.eks. nævnt i afsnit 3.2).

Dog bruger de store software-leverandører som Autodesk ofte Return Of Investment (ROI), når de skal beskrive den værdi, som en investering i øget brug af digitale værktøjer kan skabe (Autodesk, 2016). På det lidt mere generelle plan opstiller den svenske rapport Produktivitetsslåget i

svenskt byggende 2018 en model for den generelle måling af produktivitet i byggeriet. Modellen har ikke specifikt fokus på ConTechs indflydelse på produktiviteten. Alligevel er konklusionerne i rapporten brugbare som eksempler på, hvilke parametre, man kunne måle på, hvis man vil måle på effekten af brugen af ConTech.

For det første estimeres produktivitet i rapporten som omkostninger målt i kroner pr. produceret kvadratmeter. Som medbestemmende for resultatet undersøger rapporten især "processiviteten", dvs. den proces, der fører til værdiproduktionen, og som også kunne være et fokus på ConTech effektmåling. Ifølge rapporten afgøres processiviteten af tre faktorer: arbejdsindsats, ledigtid (fx ifm. dårligt vejr) og forsinkelser. Rapporten fokuserer også på "Projektorganisationens præstation" som måles på samarbejde, planlægning og produktkvalitet. Disse faktorer måles gennem aktørernes egen opfattelse ved hjælp af interviews, og baserer sig altså ikke på objektive, databaserede målinger (Produktivitetsslåget i svenskt byggende, 2018).





Kapitel 6

Litteraturliste

Autodesk (2016) "Achieving Strategic ROI – Measuring the value of BIM"

Autodesk & FMI (2019) "High Cost of Poor Trust"

BLOX HUB "Blockchain i byggeriet – White Paper"

BLOX HUB, Dansk Byggeri, Build 4.0 & MOLIO (2019) "Manifest fra en samlet byggebranche: Sådan tager vi sammen digitalisering til 'next level'"

Box (2014) "The Information Economy: A Study of Five Industries"

Business Insider (2020) "WeWork is looking to pull off a huge turnaround"

Byggematerialer (2020) "Hvad er bæredygtighed"

Bygningsreglementet.dk (2020) "Bygningsreglementets vejledninger"

COWI (2015) "Foranalyse og behovsopgørelse til substitutionsdatabase for bygge-materialer"

C2C Certified (2017) "What Is Design for Disassembly?"

Den Frivillige Bæredygtighedsklasse (2020)

Danmarks statistik (2017) "It-anvendelse i virksomheder – virksomhedernes digitalisering"

Danmarks Statistik (2019) "Danske Virksomheder er I EU's digitale top"

Dansk Byggeri (2019) "Konjunkturanalyse marts 2019"

Dansk Byggeri (2020) "Preset på byggeriets arbejdsmarked er aftaget"

Dansk Byggeri, MOLIO & BLOX HUB "Manifest skal sikre mere fart på digitalisering af byggebranchen"

Dansk Standard 2018 "DS/EN ISO-19650-1:2018"	OECD (2019) "Productivity Growth in the Digital Age"
Deloitte (2017) "CIO Insider - Technology budgets: From value preservation to value creation"	Regeringens klimapartnerskaber - Bygge- og anlægssektoren (2020) "Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren"
Deloitte (2018) "Global Powers of Construction"	Shelden, Dennis R. (2020) "The Disruptors: Technology-driven architect-entrepreneurs", John Wiley & Sons
DI Byg (2020) "Sammen om fremtidens byggeri"	Smith Innovating Construction (2013) "Udvikling i byggeriet"
Erhvervsministeriet (2017) "Digitalisering og produktivitet - Vækstpotentiale i danske virksomheder"	Teknologisk Institut (2018) "Build 4.0 giver nye muligheder i byggeriet"
Erhvervsministeriet (2019) "Redegørelse om Danmarks digitale vækst"	Teknologisk Institut (2018) "Cirkulær økonomi sætter dagsorden i fremtidens økonomi"
Højbjerg Brauer Schultz (2020) "Behovet for digitale kompetencer i byggeriet"	Teknologisk Institut (2019) "Internet of things på vej til at blive hverdag"
Hive for Housing (2019) "Katterra Previews Its Vision for the Future"	Transport- og Boligministeriet (2019) "Bekendtgørelse om bygningsreglement 2018"
IDA (2016) "VDC skaber overblik over byggepladsen"	Trafik-, Bygge-, og Boligstyrelsen (2019) "Åbne formater og fælles standarder"
IDA (2020) "Byggeriet kan spare milliarder med VDC"	Transport-, Bygnings- og Boligministeriet (2013)A "Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri"
JLL (2018) "The state of construction technology"	Transport-, Bygnings- og Boligministeriet (2013)B "Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i alment byggeri"
Koch och Lundholm (2018) "Produktivitetsläget i svenskt byggande 2018"	Transport-, Bygnings-, og Boligministeriet (2019) "Strategi for digitalt byggeri"
KPMG (2016) "Building a technology advantage - global construction survey 2016"	Wired (2017) "Why WeWork Thinks It's Worth \$20 Billion"
KPMG (2019) "Future ready index - Leaders and followers in the engineering & construction industry - Global construction survey 2019"	Wired (2019) "The Construction Industry Needs a Robot Revolution"
Licitationen (2019) "Forskning i byggeriets processer skal op i gear"	World Economic Forum (2018) "The Future of Jobs Report"
McKinsey (2016) "Imagining Construction's Digital Future"	USA Today (2019) "Amazon's Alexa will be built into all new homes from Lennar"
McKinsey (2017) "Reinventing construction: a route to higher productivity"	Youth Excellence Consulting (2020, ikke udgivet) "VC Markedet"
McKinsey (2018) "Seizing opportunity in today's construction technology eco system"	Youth Excellence Consulting (2020, ikke udgivet) "Opgørelse af det danske ConTech økosystem"
McKinsey (2020) "The next normal in construction"	
MOLIO (2020) "Byggeriets digitale barometer 2020"	
MTHøjgaard (2019) "White paper - bæredygtighed og VDC"	

