



Norwegian  
Business School

Denne filen er hentet fra Handelshøyskolen BIs åpne institusjonelle arkiv BI Open <https://biopen.bi.no>.

Den inneholder akseptert og fagfellevurdert versjon av artikkelen sitert under. Den kan inneholde små forskjeller fra den originale pdf-versjonen publisert i tidsskriftet.

Kolbjørnsrud, V., & Sannes, R. (2022). Problemløsning med kunstig intelligens.

*Praktisk Økonomi & Finans*, 38(1), 47–64.

<https://doi.org/10.18261/pof.38.1.4>

Tidsskriftets forlag, Universitetsforlaget, tillater at siste forfatterversjon legges i åpent publiseringsarkiv ved den institusjon forfatteren tilhører.

# Problemløsning med kunstig intelligens: Bruk av Spacemaker i tidligfase eiendomsutvikling

Av Vegard Kolbjørnsrud<sup>a,b</sup> og Ragnvald Sannes<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Handelshøyskolen BI, Institutt for strategi og entreprenørskap

<sup>b</sup> Accenture Research

Ved bruk vennligst referer til tidsskriftversjonen:

Kolbjørnsrud, V., & Sannes, R. (2022). Problemløsning med kunstig intelligens: Bruk av Spacemaker i tidligfase eiendomsutvikling. *Praktisk økonomi & finans*, 38(1), 47-64:

<https://doi.org/10.18261/pof.38.1.4>

## Sammendrag

Intelligent teknologi brukes i stadig større grad til å støtte problemløsning i organisasjoner. I denne studien utforsker vi hva som skjer med komplekse problemløsningsprosesser når kunstig intelligens introduseres og hvordan menneske-maskin samhandling kan organiseres. Vi følger bruken av programvaren Spacemaker i tidligfase eiendomsutvikling i to store nordiske virksomheter; OBOS og Nordr. Programvaren brukes til å støtte, akselerere og forbedre design- og analysearbeidet. Konkret fører dette til flere og raskere iterasjoner, åpnere og mer involverende prosess og grundigere vurderinger på et tidligere stadium. Dette øker den kollektive intelligensen i team av mennesker og maskiner utover det hver av partene kan klare på egenhånd. Vi diskuterer hvilke implikasjoner funnene våre har for innføring av teknologi, hvordan AI kan brukes til å åpne lukkede ekspertdrevne problemløsningsprosesser samt begrensningene slike systemer har og menneskers rolle i hybrid menneske- og maskinsamhandling. I tillegg drøfter vi hva dette kan bety for norsk BAE-næring.

Nøkkelord: Problemløsning, kunstig intelligens, eiendomsutvikling, design, Obos, Nordr

## Introduksjon

Kunstig intelligens (AI: Artificial Intelligence) kan forbedre hvordan organisasjoner løser problemer og tar beslutninger (Shrestha, Ben-Menahem, and von Krogh 2019). Menneskers vurderingsevne er begrenset og det hemmer vår evne til å løse problemer effektivt, særlig i komplekse og usikre situasjoner (Kahneman, Slovic, and Tversky 1982). Informasjonssystemer generelt, og AI spesielt, kan avhjelpe vår begrensede rasjonalitet (f.eks. Simon 1977). Vi har nå intelligente systemer som brukes til å løse problemer innen et bredt spekter av områder som f.eks. medisinsk diagnose, planlegging og optimering av drift, energioptimalisering i datasentre, generativt design av produkter, prognoser for den arktiske iskanten og prediksjon i mange typer beslutningssituasjoner (f.eks. Agrawal, Gans, and Goldfarb 2018; Esteva et al. 2017).

Parallelt med fremskrittene innen AI er det også en økende erkjennelse av begrensingene og problemene forbundet med algoritmisk problemløsning og beslutningstaking. Derfor kan det være nødvendig å kombinere styrkene til mennesker og intelligente maskiner slik at teknologien støtter og forsterker menneskelig intelligens og vurderingsevne i stedet for å erstatte den (Daugherty and Wilson 2018; Goldberg 2019; Kolbjørnsrud, Amico, and Thomas 2016). Selv om slike tilnærminger virker lovende så finnes det eksempler på at de menneskelige og maskinelle svakhetene og begrensingene også kan forsterkes (Shrestha, Ben-Menahem, and von Krogh 2019). Kunnskapen på disse områdene er fortsatt begrenset.

Bygg, anlegg og eiendomsbransjen (BAE) preges av kompleks, tverrfaglig problemløsning med store økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser (Gidado 1996; Simon 1973). Mange av de viktigste valgene for et byggeri blir tatt tidlig i prosessen, der usikkerheten er størst. Inntil nylig har disse beslutningene blitt tatt basert på manuelle beregninger, relativt enkle skisser og de faglige vurderingene til noen eksperter – og med begrenset systemstøtte. Programvaren til Spacemaker endrer dette. Den lar eiendomsutviklere raskt utvikle alternative løsninger for en tomt og analysere konsekvensene av dem. I denne studien følger vi bruken av programvaren hos Obos og Nordr, to store nordiske eiendomsutviklere, og studerer hvordan dette påvirker den designorienterte problemløsningen fra identifisering og vurdering av en aktuell tomt til tomten er regulert. Dette er en velegnet empirisk kontekst å studere hvordan kunstig intelligens brukes i kompleks kreativ og analytisk problemløsning, hvordan samspillet mellom intelligente maskiner og mennesker er i praksis og hvilke problemer og resultater som skapes.

Vår studie bidrar til litteraturen om kompleks problemløsning og beslutningstaking (Kahneman 2003; Simon 1977) og hvordan intelligente systemer kan støtte, forsterke og forbedre menneskelige kognitive evner (Daugherty and Wilson 2018). Vi dokumenterer og forklarer hvordan slik menneske-maskinsamspill finner sted og gir økt kollektiv intelligens (Andersen et al. 2018; Malone and Bernstein 2015) gjennom flere og raskere iterasjoner, bredere menneskelig involvering i prosessen og grundigere vurderinger tidligere. Til slutt diskuterer vi implikasjoner for innføring av teknologi, hvordan AI kan brukes til å åpne lukkede ekspertdrevne problemløsningsprosesser samt begrensingene slike systemer har og menneskers rolle i hybrid menneske- og maskinsamhandling. I tillegg drøfter vi hva dette kan bety for norsk BAE-næring.

## Kunstig intelligens, problemløsning og design

Begrepet kunstig intelligens oppsto i 1956 og siden den gang har feltet gått igjennom bølger med fremskritt og relativ stillstand. Fremgangen vi har sett det siste tiåret drives av tre forhold: 1)

tilgangen på stordata fra ulike kilder, 2) forbedringer innen maskinlæring og algoritmer og 3) kraftigere datamaskiner og skytjenester (Executive Office of the President 2016). AI innebærer tekniske systemer som kan sanse, forstå, handle og lære som gjør intelligent adferd i komplekse miljøer mulig (Kolbjørnsrud, Amico, and Thomas 2017; Nilsson 1998). En datamaskins adferd styres av algoritmer, som er steg-for-steg prosedyrer eller oppskrifter for problemløsning. Noen algoritmer er programmert inn i en datamaskins programvare, mens maskinlæring er en kategori algoritmer som gjør det mulig for en maskin å utvikle nye algoritmer basert på tilgjengelige data som igjen kan brukes til å løse problemer og ta beslutninger.

I den senere tid har mange organisasjoner tatt AI i bruk i sin virksomhet (Daugherty and Wilson 2018). AI utvider organisasjoners evner og kapasiteter på to hovedmåter: 1) Ved å *automatisere*, dvs. erstatte mennesker med intelligente systemer, og 2) *støtte* mennesker med intelligente maskiner når de løser problemer og tar beslutninger. Automatisering egner seg for repetitive oppgaver som følger forhåndsdefinerte regler eller stabile mønstre som kan utledes fra store datasett. Kunstig intelligente løsninger er nå like gode eller bedre enn mennesker innen mange avanserte og spesialiserte områder som prediktivt vedlikehold av utstyr, montering av produkter på fabrikker, drift av lager og logistikk og automatisering av administrative oppgaver (f.eks. Hashemian 2010; Tambe, Cappelli, and Yakubovich 2019). De viktigste gevinstene av intelligent automatisering er kostnadseffektivitet, kontinuerlig drift samt forbedret hastighet og kvalitet (Goldberg 2012; Parasuraman, Sheridan, and Wickens 2000).

Sammenlignet med aktiviteter som kan standardiseres er oppgaver som krever kompleks problemløsning, kreativitet, emosjonell intelligens, etisk refleksjon og evne til å tenke helhetlig mindre egnet for automatisering. I slike tilfeller brukes AI i kombinasjon med menneskelige evner og kapasitet (Kolbjørnsrud, Amico, and Thomas 2016). Faglitteraturen bruker det engelske begrepet 'augmentation' som i denne sammenhengen betyr at teknologi brukes til å støtte, forsterke, forbedre, utvide og akselerere menneskelige evner.

I følge Engelbart (1962:1) kan slik teknologistøtte forbedre problemløsning på flere måter: Ved å forstå problemet raskere, få bedre forståelse, få nyttig problemforståelse der situasjonen tidligere har vært for kompleks, utvikle løsninger raskere, gi bedre løsninger og å finne løsninger der mennesker tidligere ikke klarte dette. Digital støtte til menneskelig problemløsning blir stadig vanligere for eksempel i medisinsk diagnostikk, utvikling av nye medisiner, produktdesign, avdekke svindel, identifisere investeringsmuligheter og anbefalinger innen salg og kundeservice (f.eks. Esteva et al. 2017; Ngai et al. 2011).

Det er også kjente utfordringer med å anvende AI. Algoritmen kan gjenskape og forsterke skjevheter i data og svakheter i menneskelig beslutningstaking som medfører diskriminering eller andre former for bias (Challen et al. 2019). Selv om AI-algoritmer kan være svært nøyaktige så kan de være tilsvarende vanskelige å forstå og forklare som gir opphav til det såkalte 'sort-boks-problemet' (Pasquale 2015). Det gjør at det kan være vanskelig for brukere av intelligente systemer å vite hvordan resultater eller anbefalinger skal tolkes, om de er nøyaktige, meningsfulle og rettferdige, og om man bruker systemet til det det er egnet til (Buolamwini and Gebru 2018). Algoritmisk transparens og forklarbarhet er derfor viktig for tilsyn og ansvarlighet samt mulighetene til å involvere mennesker i prosessen og utnytte de komplementære styrkene til mennesker og intelligente maskiner (Daugherty and Wilson 2018; Samek and Müller 2019). Det betyr at organisasjoner som adopterer AI bør ha grunnleggende innsikt i teknologiens virkemåte samt god domenekunnskap på det området hvor teknologien anvendes.

Design er en form for kreativ og analytisk problemløsning hvor man utvikler en plan for nye eller tilpassede løsninger gitt behov og beskrankninger i en aktuell situasjon. Et designproblem kjennetegnes av mangel på informasjon både om utgangspunkt og løsning. Det finnes ikke én riktig løsning, bare bedre eller dårligere alternativer, og tilbakemelding på hvor hensiktsmessig et design er kommer ofte først etter at den er realisert (Carroll, Thomas, and Malhotra 1980; Goel and Pirolli 1992). En designprosess resulterer i en spesifisering, for eksempel for nye fysiske produkter og strukturer, tjenester, prosesser eller kombinasjoner av disse. De siste årenes utvikling innen intelligente verktøy for fysisk design har gitt ny, kraftfull funksjonalitet innen generativt og parametrisk design, simulering og kvalitetssikring (Clarke 2007; Liu et al. 2020; Shea, Aish, and Gourtovaia 2005).

## Teknologi i eiendomsutvikling

Eiendomsutvikling er et område der man har beveget seg fra tradisjonelle verktøy med blyant og papir til digitale tegneverktøy (CAD) og nå digitale 3D modeller (BIM) som har potensiale for å skape digitale tvillinger av et byggeri. Økende bruk av ulike sensorer kombinert med andre kilder til datafangst gjør det mulig å fange svært mye data man tidligere ikke hadde om et bygg og dets tilstand både i konstruksjon- og bruksfasen. Potensialet i digital teknologi generelt og kunstig intelligens spesielt er avhengig av at de ulike aktørene klarer å dele data for bedre samhandling (Kolbjørnsrud, Kvålshaugen, and Sannes 2020). Effekten av slike data er foreløpig liten for tidligfase eiendomsutvikling da man er avhengig av data både fra byggeprosess samt forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) for å kunne evaluere tidligere design. Både forskning og praksis har fokus på byggeriet samt FDV (Maududy and Gamal 2019). I fasene frem til byggeriet er bruken av teknologi konsentrert om å støtte digital representasjon av design og plan (Starr, Saginor, and Worzala 2020). Det er foreløpig lite kunnskap om hvordan det å bruke digital teknologi og kunstig intelligens påvirker designarbeidet, og hvordan det vil påvirke problemløsning mer allment.

Dette leder oss til følgende forskningsspørsmål: Hva skjer med komplekse problemløsningsprosesser når intelligent teknologi introduseres, særlig i en eiendomsutviklingskontekst? Videre, hvordan kan menneske-maskin samhandling organiseres?

## Metode og case

Studien har et casestudiedesign med flere, integrerte (eng: embedded) case (Yin 2009). Vi følger innføringen og bruken av programvaren Spacemaker hos to store nordiske eiendomsutviklere; OBOS og Nordr. I hvert selskap følger vi flere prosjekter og avdelinger. I tillegg har vi gjort fem intervjuer med nøkkelpersoner i programvareselskapet Spacemaker. Se tabell 1 for oversikt over case, delcase og informanter. Vi er i startfasen med Nordr og har kun gjort en innledende runde med intervjuer der. Alle intervjuene i casebedriftene er gjennomført av forfatterne sammen, tatt opp og transkribert. De semistrukturerte intervjuene omfattet spørsmål om introduksjon og bruk av Spacemaker samt hvordan det påvirker arbeidsprosesser, designarbeid og beslutninger. Analysen er basert på en induktiv tematisk koding der vi har sett etter mønstre og kontraster. Figur 2 i funnkapittelet gir en sammenstilling av mønstrene i dataene. Datainnsamling, koding og analyse pågår fortsatt og flere case, særlig internasjonalt, og flere prosjekter (delcase) vil bli inkludert, samt at pågående case følges over tid.

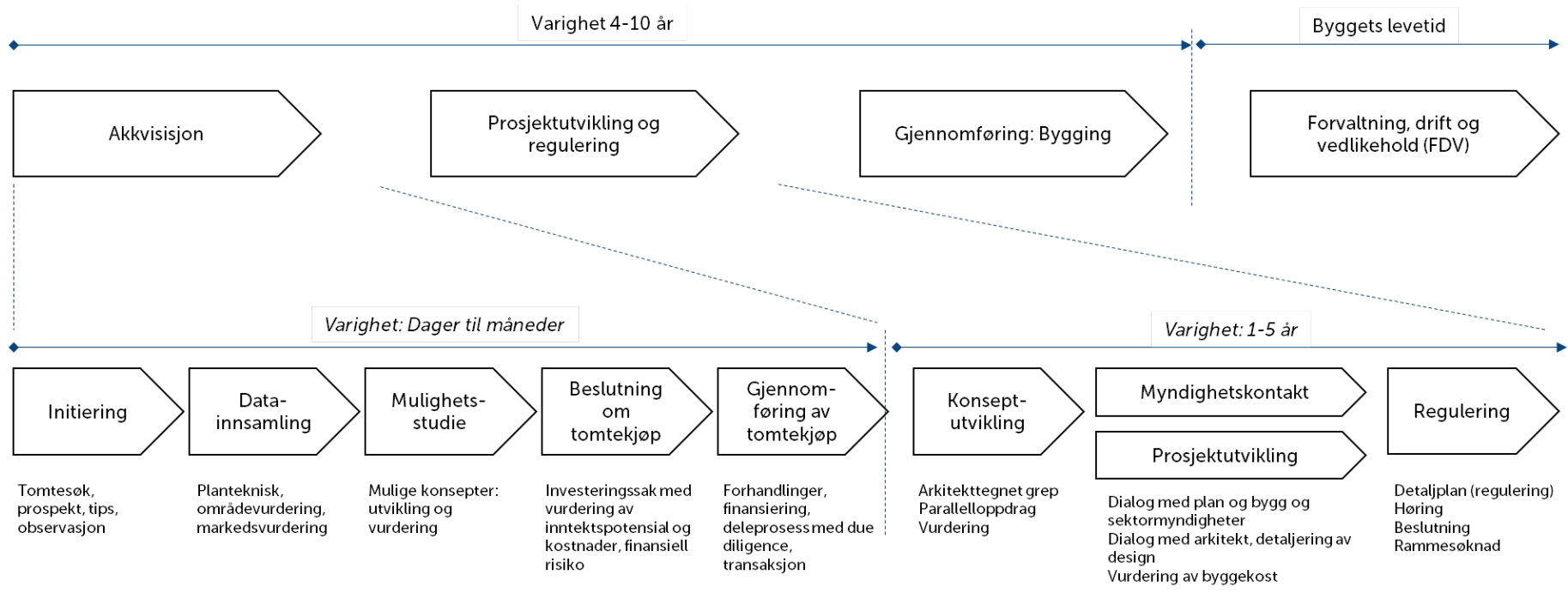
Tabell 1: Oversikt over case, delcase, roller og antall intervjuer

ORGANISASJON	DELCASE	ROLLER	ANTALL PERSONER	ANTALL INTERVJUER
<b>SPACEMAKER</b>		Gründer, ledere, spesialister, kundeansvarlig	5	5
<b>OBOS</b>	Konsern	Konsernledelse, prosjektutvikling, spesialister med kjennskap til Spacemaker	5	5
	Prosjekt A	Prosjektsjef, prosjektleder, ekstern arkitekt	3	5
	Prosjekt B	Prosjektleder utvikling, prosjektleder gjennomføring, ekstern arkitekt	4	5
	Akkvisisjon	Investeringsdirektør, prosjektleder	4	5
<b>NORDR</b>	Konsern	Konsernledelse, prosjektutvikler	4	4
	Akkvisisjon	Investeringsdirektør, prosjektleder	2	2
<b>TOTALT</b>			<b>27</b>	<b>31</b>

Spacemaker er et norsk selskap som ble etablert i 2016 for å utvikle en AI-basert programvare som, med utgangspunkt i data om en eiendom og regulatoriske rammer kunne kjøre et stort antall simuleringer. Målet var å generere den mest optimale løsningen for en eiendom gitt de parameterne man ønsker å optimere. Dette kalles generativ design og den tidlige målsettingen var å gjøre arkitektens jobb i denne fasen. I denne versjonen ble programvaren brukt av Spacemakers egne eksperter. Over tid er generativ design tonet ned. De har lagt mer vekt på å gjøre programvaren tilgjengelig for arkitekter og andre brukere. Den er blitt et effektivt tegneverktøy for skisser av bygningskropper som grunnlag for analyser i tilnærmet sanntid av forhold som utnyttelsesgrad, arealbruk og konsekvenser for bl.a. dagslys og støy. Det er enkelt å gjøre justeringer på løsningsalternativer og sammenligne ulike løsninger mot hverandre. Selskapet ble i kjøpt av det amerikanske programvareselskapet Autodesk høsten 2020.

OBOS er en stor eiendomsutvikler med fokus på større boligprosjekter samt noe næringseiendom i storbyer. Hovedaktiviteten omfatter ideutvikling med tomtekjøp, prosjektutvikling, bygging og salg av boliger. De fleste prosjektene omfatter utvikling og regulering av eiendommer med en eksisterende bygningsmasse. Selskapet har benyttet Spacemaker siden 2019 da programvaren hadde fokus på generativ design og krevde involvering av eksperter hos Spacemaker. Dagens mer interaktive versjon blir brukt av rekke interne medarbeidere og eksterne arkitekter. De er i en overgangsfase fra utprøving til bred og systematisk opplæring i og bruk av programvaren. Akkvisisjonsavdelingen har så langt den enheten som bruker verktøyet mest, men bruken i utviklingsprosjekter blir stadig mer omfattende.

Nordr er en annen stor eiendomsutvikler som bygger boliger, i hovedsak større prosjekter i sentrale byområder. I tillegg bygges det noe næringseiendom. Selskapet gjorde en pilot med Spacemaker i den første fasen med generativ design, men avventet videre bruk til andre begynte å adoptere programvaren og de kunne gjøre analyser selv. De har brukt Spacemaker siden 2020, hovedsakelig innen akkvisisjon, men også i vurderingen av parallelloppdrag. De er i en introduksjonsfase av verktøyet, og har valgt en systematisk metodikk for innføring, opplæring og bruk i samarbeid med Spacemaker. Bruksmønsteret i er ganske likt i begge selskapene, men OBOS har kommet lenger enn Nordr med innføring og bruk i sin organisasjon.



Figur 1 Prosessoversikt, tidligfase eiendomsutvikling.

Prosesen i tidligfase eiendomsutvikling er ganske lik i begge selskapene. Figur 1 illustrerer en eiendomsutviklingsprosessen med fire hovedfaser og en detaljering av tidligfaseaktivitetene (Ness and Øyasæter 2021). Vi har valgt en begrepsbruk som er nær den aktørene selv benytter. Den første hovedfasen, *akkkvisjon*, omfatter prosess fra en tomt er identifisert gjennom en mulighetsstudie til et evt. tomtekjøp. Fasen gjennomføres i hovedsak med interne krefter, evt. støttet av en arkitekt.

Neste hovedfase, *prosjektutvikling og regulering*, er en mer omfattende og kompleks prosess som oftest tar flere år med mange mindre og noen større iterasjoner. Det er flere aktører involvert, og designproblemene handler om konsept- og prosjektutvikling. Begge aktører bruker eksterne arkitekter i denne fasen. Prosjektutvikling er en aktivitet som pågår parallelt med dialog med interessenter og forberedelser til regulering. I denne delfasen planlegges alle detaljer som er nødvendig for regulering og rammetillatelse. Det medfører mange iterasjoner med store og små endringer, og Spacemaker brukes i hovedsak til å kontrollere forslag fra arkitekt ved endringer i løsningsforslaget.

Tidligfase eiendomsutvikling innebærer en serie med designprosesser som detaljeres fra mulighetsstudie til prosjektutvikling og regulering. Dette er komplekse kreative og analytiske problemløsningsprosesser med høy grad av usikkerhet og lang tidshorisont frem mot realisering. Mange aktører og flere profesjoner er involvert underveis. Det gjør at denne konteksten er velegnet til å studere om innføringen av et AI-basert verktøy har noen effekt på utførelse av designorientert problemløsning samt om samspillet mellom de ulike aktørene blir påvirket.

## Funn

### Fra kunstig intelligens til kollektiv intelligens

I den første versjonen av Spacemaker-programvaren kunne brukerne laste inn data om tomten (f.eks. størrelse, terreng og bebyggelsen i nærheten), legge inn regulatoriske rammer (f.eks. antall etasjer, avstand fra veier og annen bebyggelse samt krav til dagslys og støy) og programvaren ville kjøre et stort antall simuleringer og foreslå en matematisk optimal løsning med tanke på fotavtrykk, høyder og volumer. Tidlige brukere i våre casevirksomheter syntes at den automatiserte tilnærmingen til generativt design var interessant, imponerende, men ikke spesielt nyttig. De automatisk genererte løsningene tok ikke hensyn til erfaringen og innsikten til ekspertene og kunne foreslå urealistiske design, f.eks. for smale bygninger. Det var mulig å legge inn menneskelagd design, som arkitektskisser, men det krevde støtte fra Spacemakers egne konsulenter. Brukerne syntes imidlertid at analysene av volum, lys, støy osv. var svært nyttige. Tilbakemeldingene fra brukere i våre case og andre virksomheter var entydige – de ønsket å kunne enkelt tegne og spesifisere ulike bygningskonfigurasjoner eller 'grep' på en tomt og få raske og presise analyser. Derfor forlot Spacemaker raskt sin opprinnelige visjon om automatisering av en eiendomsutvikler eller arkitekts arbeid og reorienterte seg mot fleksibel og intelligent støtte av ekspertbrukerne.

*«For mer automatisering gjør jo at man ikke bruker den menneskelige kompetansen og det helhetlige overblikket som man har. Og da oppdager man jo ikke når modellen tar feil.»*  
(Prosjektutvikler, OBOS)

Da den nye og mer interaktive versjonen av Spacemaker-programvaren ble lasert i 2019 skjøt bruken av verktøyet i OBOS og hos andre tidlige kunder fart og den opplevde nytten økte tilsvarende. Fokusendringen fra å forsøke å maksimere verktøyets kunstige intelligens og grad av automatisering



til å se verktøyet som et virkemiddel til å øke grupper og organisasjoners kollektive intelligens, forstått som evnen til mennesker og intelligent teknologi å sammen løse komplekse problemer, var avgjørende.

*«I den innledende fasen av prosjektet der Spacemaker foreslår hvordan byggene skal plasseres og organiseres tenker jeg det er veldig tydelig at det kreves ekte folk med kunnskap og erfaring for å vurdere løsningene, og justere for å komme frem til et godt utgangspunkt. Men jeg har trua på at det er en kombinasjon av kunstig intelligens og ekte intelligens for å komme frem til de gode prosjektene.» (Ekstern arkitekt)*

At dette menneske-maskin-samarbeidet gir økt kollektiv intelligens er vårt overordnede funn og vi knytter dette til tre viktige endringer i problemløsningsprosessene vi observerer: 1) Flere og raskere iterasjoner, 2) åpnere og mer involverende prosess og 3) grundigere vurderinger tidligere. Figur 2 gir en oversikt over disse funnene med underliggende prosessendringer og intervjuer som dokumenterer disse. I de påfølgende avsnittene utdypes vi hvert av de tre funnene.

### Flere og raskere iterasjoner

Den andre hovedversjonen av programvaren lar brukere enkelt skisse bygninger med fotavtrykk og volumer i 3D og få analyser umiddelbart. Dette gjør det mulig for brukere å visualisere og analysere mulige løsningskonsepter raskt. Tidligere måtte internarkitekten i OBOS konfigurere tomten og terrenget manuelt (f.eks. manuelt trekke høydekoter på meterintervaller) i en SketchUp-modell før han kunne tegne hva som kunne bygges der. Der hvor man tidligere kun vurderte ett eller et par alternative konsepter genererer og evaluerer akkvisisjonsteamene i begge caseselskapene typisk tre, fire eller flere alternative løsninger på kortere tid slik en investeringsprosjektleder i OBOS beskriver:

*«En vesentlig forskjell er at det går en del raskere med Spacemaker, sammenlignet med programvaren vi benyttet tidligere. Den største fordelene med Spacemaker knyttet til tidsbruk er at man kan benytte analysefunksjonen på grepet man har tegnet ut, umiddelbart. Da ser man raskt hvordan grepet blir påvirket av støy og hvordan kvaliteten på grepet er ift. uteareal, dagslys og utsikt. Før Spacemaker tegnet vi ofte kun ett alternativ i kapasitetsvurderingene, men nå arbeider vi ofte med flere alternativer i starten, og går gradvis ned til et grep som vi konkluderer med.»*

Tilsvarende mønster med flere og raskere iterasjoner i problemløsingen finner vi også i utviklingsfasen (se Figur 2 punkt 1.1). Det at flere alternativer utforskes og evalueres i både akkvisisjons- og utviklingsfasen gjør det sannsynlig at man finner bedre løsninger. Selv opplever informantene at de er tryggere på at finner gode løsninger. I tillegg gir den smidige, digitale eksperimenteringen ofte kortere ledetider.



Figur 2 Funn- og datastruktur med utvalgte intervjuutlitter.

## Åpnere og mer involverende prosess

Bruken av den intelligente programvaren har gjort det enklere å engasjere og inkludere innsikt fra ulike bidragsytere med relevant ekspertise slik som prosjektledere, investeringsanalytikere, arkitekter, folk fra salg og marked samt ingeniører. Våre informanter fremhever muligheten til å diskutere en felles tredimensjonal representasjon av eiendommen som er enkel å forstå og så kunne prøve ut ulike ideer og alternativer som særlig verdifullt. Formatet gjør det mulig for flere å bidra i problemløsningsprosessen, og gjerne på et tidligere stadium enn før. Bidragsyterne kan ha mindre teknisk ekspertise, men bringer andre verdifulle innsikter og perspektiver. Det utløser idemyldring, muliggjør simulering og eksperimentering og gir raske analytiske tilbakemeldinger. En senior prosjektleder i OBOS beskriver hvordan programvaren gir større involvering av flere bidragsytere:

*«Slik jeg opplever det, har du litt større påvirkningskraft på løsningsvalg. For det er ofte sånn, vi utfordrer jo og sier «hva hvis vi gjør det og hva hvis gjør det?» Nå kan man gjøre de endringene ganske kjapt og enkelt i Spacemaker og se hvilke konsekvenser det har.»*

Felles, visuelle og intuitive representasjoner av en tomt (problemet) og mulige grep (løsninger) forenkler samhandlingen blant deltakere i problemløsningsprosesser, men er også nyttige i kommunikasjonen med ulike interessenter (se Figur 2 punkt 2.2).

I dag gjør en utdannet person med få års arbeidserfaring volum- og mulighetsstudier, men støttet med AI-verktøyet, raskere enn den svært erfarne internarkitekten gjorde tidligere i OBOS. I Nordr ser vi tilsvarende endring bortsett fra at de tidligere pleide å bruke innleide arkitekter i akquisisjonsfasen. Dette gjør problemløsingen mindre personavhengig og reduserer sårbarheten med hensyn på nøkkelressurser (se Figur 2 punkt 2.3). Det er likevel verdt å legge merke til at flere informanter, særlig arkitektene, vektlegger hvor kritisk ekspertisen, kreativiteten og vurderingsevnen til erfarne arkitekter og eiendomsutviklere er i å sikre helhetlige løsninger og gode bokkvaliteter for fremtidige beboere til et prosjekt. De opplever at den intelligente programvaren er et svært nyttig verktøy som hjelper dem til å gjøre jobben deres raskere og bedre, men er ikke i nærheten av å kunne erstatte menneskelig kreativitet og ekspertise.

## Grundigere vurderinger, tidligere

I bruk bidrar programvaren til at akquisisjons- og utviklingsteam samt senior beslutningstakere kan gjøre grundigere vurderinger på kortere tid. Konsernsjefen i Nordr hevder dette gir bedre beslutningsgrunnlag og beslutninger:

*«Beslutningsdokumentene er annerledes. For det første er de blitt kortere og mindre komplekse. Det er mindre appendiks å forholde seg til i forhold til utredning ... i tillegg så øker jo antall options. Tidligere så måtte du lande på ett, for du kan ikke utrede konsekvensen på for mange. Men nå har du mye flere options som du kan velge mellom. Fordi du utreder egentlig alternativene i sanntid, så jeg vil si at vi har egentlig en mye større verden vi beslutter innenfor.»*

Verktøyet bidrar også til å unngå menneskelige feil.

I det første prosjektet OBOS brukte Spacemaker i begynnelsen av 2018 ble det tatt i bruk etter at utviklingsprosjektet hadde kommet godt i gang, rett etter at de hadde mottatt skisseprosjektene fra

fire arkitekter i et parallelloppdrag (dvs. arkitektkonkurranse). Resultatet fra Spacemaker-analysene kom etter at man hadde gjort en faglig vurdering og nærmet seg en beslutning:

*«Så da gjennomførte vi parallelloppdraget, og fikk inn fire besvarelser. Samtidig, og uavhengig av hverandre, så gjorde Spacemaker sin volumstudie av eiendommen. Men det var veldig interessant, den prosessen der, for vi fikk da inn fire besvarelser på parallelloppdraget, og ved første øyekast, eller vår første gjennomgang, så hadde vi egentlig en klar vinnerkandidat, som var såpass klar at vi nesten tenkte at vi trenger vel ikke bruke så mye tid på dette her.*

*«Og så gjorde Spacemaker sin evaluering av disse fire forslagene, og alt ble snudd på hodet. Den som vi hadde utpekt som vinner, svarte vel egentlig ikke på oppgaven. Det hadde ikke vi klart å se helt ... det så ikke vi så veldig raskt. Men det var en del viktige kriterier som rett og slett ikke var oppfylt. Som for eksempel at dagslyskrav var umulig å innfri. Det var leiligheter som lå ensidig vendt mot nord og øst, som ikke er lov i Oslo.» (Prosjektsjef utvikling)*

I dette tilfellet kan vi sammenlikne en tradisjonell, faglig vurdering gjort av en gruppe erfarne fagfolk med analysen av fysiske bokkvaliteter i Spacemaker og hvordan dette ledet til en revidert vurdering og beslutning. Fagfolkene hadde oversett at den foreløpige vinnerkandidaten ikke oppfylte viktige kriterier og prosjektlederen antyder at de kan ha latt seg forføre av attraktive visualiseringer:

*«Det som var mest interessant fra den den gangen var at det planforslaget vi valgte syntes vi så litt kjedelig ut. Det var jevnt greit på alle forhold. Ikke best på noe, men heller ikke dårligst. Så det var mye mer robust da. Det var ikke pakket inn i gullpapir sånn som et par andre.» (Prosjektleder utvikling)*

I tillegg ga programvaren innsikt i hvordan de ulike arkitektforslagene håndterte støy svært ulikt slik at prosjektet kunne ta dette med i vurderingen. Uten verktøyet ville dette kommet opp mye senere i prosessen når man normalt kobler inn en akustiker. Informantene mener de ville tatt feil beslutning dersom de ikke hadde tilgang til Spacemaker-analysen – at dette ville ført til en dårligere løsning og potensielt betydelige forsinkelser og ekstrakostnader.

## Diskusjon og implikasjoner

Funnene fra studien vår om bruk av AI i tidligfase eiendomsutvikling har implikasjoner for både teori og praksis. Vi vil først fremheve fire teoretiske implikasjoner og bidrag. Vi bidrar til problemløsningslitteraturen ved å vise hvordan bruken av den intelligente programvaren, på tvers av de to casevirksomhetene og i både akkvisisjon og prosjektutvikling, påvirker alle de tre hovedfasene i en generisk problemløsningsprosess (ihht. Simons (1977) Intelligence-Design-Choice-modell): 1) Forstå problemet, 2) generere alternative løsninger (design) og 3) velge løsning. Både akkvisisjon og prosjektutvikling representerer hver sin fullstendige problemløsningsprosess hvor man gjerne itererer flere ganger mellom fasene. I forståelsesfasen bidrar verktøyet til å raskt importere data og generere en modell av tomten og omgivelsene rundt. I designfasen lar programvaren brukerne raskt tegne mulige løsninger, maskingenerere løsningsforslag eller kombinere disse tilnærmingene. Nesten umiddelbart analyserer verktøyet løsningsalternativene og resultatene danner grunnlag for valg og videre utvikling. Det å vurdere flere alternativer er spesielt verdifullt i kombinatoriske prosesser som design. Våre funn skaper grobunn for spennende videre forskning på samspillet mellom ulike

teknologier og ulike problemløsningsprosesser samt måling av effekt og resultater av AI-støttet problemløsning.

Studien bidrar også til forskningen på menneske-maskinsamhandling (Dix et al. 2003) og kollektiv intelligens (Malone and Bernstein 2015; Patel et al. 2019). Kombinert menneske-maskin problemløsning krever både menneskelig og teknologisk tilpasning for å kunne utnytte aktørens relative styrker og gi høyere kollektiv intelligens. Teknologi som støtter menneskelig vurderingsevne, kreativitet og beslutningstaking må designes for utstrakt og fleksibel interaksjon mellom systemet og dets menneskelige brukere. Spacemaker fikk klar tilbakemelding om dette fra de tidlige brukerne i våre casevirksomheter og gjorde store endringer i programvaren for å møte disse brukerkravene. Våre caseselskaper gjorde også betydelige endringer i sine akkvisisjons- og prosjektutviklingsprosesser som krevde nye ferdigheter. Det gjorde andre kompetanseområder mindre kritiske i tillegg til å jobbe i flere og raskere iterasjoner. Samspillet mellom menneske og maskin som vi observerer fører til at flere alternativer utvikles og vurderes. Gode alternativer videreutvikles, mens dårlige varianter forkastes raskere. Til sammen gir det raskere utviklingsprosesser som trolig gir bedre løsninger og større trygghet for gode beslutninger. Dette åpner opp for spennende forskning på hvordan menneske-maskinsamhandling kan organiseres under ulike forhold samt innen interaksjonsdesign for intelligent programvare.

Våre funn viser at AI kan brukes til å åpne 'den sorte boksen' når eksperter tar beslutninger. Dette er i motsetning til hva sofistikerte AI-systemer ofte kritiseres for (Pasquale 2015; Samek and Müller 2019). Den intuitive visuelle representasjonen av en bygning og dens omgivelser, muligheten til å enkelt simulere lysforholdene ved ulike årstider og tider på dagen samt raske og omfattende analyser gjør problemløsningsprosessen mer tilgjengelig for ikke-tekniske fagfolk. Tidligere opplevdes arbeidet til arkitekter og akustikere litt mystisk og utilgjengelig for andre. I våre case demokratiserer AI-programvaren prosessen – den endrer og i noen grad utfordrer ekspertenes rolle. Disse funnene bidrar med ny kunnskap om hvordan AI kan påvirke samspillet mellom mennesker og teknologi samt samspillet mennesker imellom. De åpner også for interessante spørsmål om hvordan systemer som Spacemaker påvirker menneskelig ekspertise og profesjonenes makt (Dreyfus and Dreyfus 2005; Susskind and Susskind 2015).

Det er fortsatt mye maskiner ikke kan gjøre (Dreyfus 1992; Thomas 1994). Spacemakers forsøk innledningsvis på å automatisere betydelige deler av prosessen for tidligfase eiendomsutvikling lykkes ikke. Det er svært kompleks problemløsning som fortsatt drar nytte av kreativiteten, helhetstenkingen og dømmekraften til menneskelige eksperter. Kraftfulle AI-verktøy slik som programvaren i vår studie kan støtte menneskelige evner, men så langt ikke erstatte dem. Det er behov for mer forskning på automatiseringens begrensninger, mulighetene for intelligent systemstøtte, rollen menneskelig dømmekraft kan og bør spille i møte med kunstig intelligens på arbeidsplassen og praksiser for effektiv og ansvarlig innføring av intelligent teknologi i problemløsende virksomheter (Daugherty and Wilson 2018; Kolbjørnsrud, Amico, and Thomas 2016).

Intelligent programvare tilsvarende den som våre casevirksomheter bruker kan ha store implikasjoner for norsk og internasjonal BAE-næring. De umiddelbare effektene av raskere og bedre problemløsning i de tidlige fasene av eiendomsutviklingen kan være lavere kostnader og risiko samt mer fleksibel bemanning. Dette innebærer også at aktørene i eiendomsutviklingsprosessen må tilpasse arbeidsprosessene slik at det kombinerte potensialet i de tekniske og menneskelige ressursene utnyttes best mulig. De største effektene vil imidlertid trolig komme i senere faser med gjennomføring av byggeprosjekter og i drift og forvaltning hvor tidlige løsningsvalg har stor

innvirkning på bokkvaliteter og brukeropplevelse, bygge- og driftskostnader samt effekter på det lokale og globale miljøet.

## Konklusjon

I vår studie av bruken av en ny intelligent programvare i tidligfase eiendomsutvikling ser vi at verktøyet gjør nye arbeidsprosesser mulig. Programvaren brukes til å støtte, akselerere og forbedre problemløsingen. Konkret fører dette til flere og raskere iterasjoner, åpnere og mer involverende prosess og grundigere vurderinger på et tidligere stadium. Dette øker den kollektive intelligensen i team av mennesker og maskiner utover det hver av partene kan klare på egenhånd. Teknologien og våre funn skaper nye muligheter for BAE-næringen, men gir også ny innsikt i hvordan intelligent teknologi kan støtte kompleks problemløsning, design i dette tilfellet, og hvordan menneske-maskinsamhandling kan foregå.

## Referanser

- Agrawal, A., J. Gans, and A. Goldfarb. 2018. *Prediction machines: the simple economics of artificial intelligence*. Cambridge MA: Harvard Business Press.  
<https://doi.org/10.1080/15228053.2019.1673511>
- Andersen, E., J. C. Johnson, V. Kolbjørnsrud, and R. Sannes. 2018. "The data-driven organization: intelligence at SCALE." In *At the Forefront, Looking Ahead*, edited by Amir Sasson, 23-42. Oslo, Norway: Universitetsforlaget. <https://doi.org/10.18261/9788215031583-2018-03>
- Buolamwini, J., and T. Gebru. 2018. "Gender shades: intersectional accuracy disparities in commercial gender classification." ACM Conference on Fairness, Accountability and Transparency, New York.
- Carroll, J. M., J. C. Thomas, and A. Malhotra. 1980. "Presentation and representation in design problem-solving." *British Journal of Psychology* 71 (1): 143-153.  
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1980.tb02740.x>
- Challen, R., J. Denny, M. Pitt, L. Gompels, T. Edwards, and K. Tsaneva-Atanasova. 2019. "Artificial intelligence, bias and clinical safety." *BMJ Quality & Safety* 28 (3): 231-237.  
<https://doi.org/10.1136/bmjqs-2018-008370>
- Clarke, J. 2007. *Energy simulation in building design*. London: Routledge.  
<https://doi.org/10.4324/9780080505640>
- Daugherty, P. R., and H. J. Wilson. 2018. *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*. Cambridge MA: Harvard Business Press.
- Dix, A., J. Finlay, G. D. Abowd, and R. Beale. 2003. *Human-computer interaction*. London UK: Pearson Education.
- Dreyfus, H. L. 1992. *What computers still can't do: A critique of artificial reason*. Cambridge MA: MIT Press.
- Dreyfus, H. L., and S. E. Dreyfus. 2005. "Peripheral vision: Expertise in real world contexts." *Organization Studies* 26 (5): 779-792. <https://doi.org/10.1177/0170840605053102>
- Engelbart, D. C. 1962. *Augmenting human intellect: a conceptual framework*. Stanford Research Institute (Menlo Park, CA: Stanford Research Institute). <https://doi.org/10.21236/ad0289565>
- Esteva, A., B. Kuprel, R. A. Novoa, J. Ko, S. M. Swetter, H. M. Blau, and S. Thrun. 2017. "Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks." *Nature* 542 (7639): 115-118. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- Executive Office of the President. 2016. *Artificial intelligence, automation, and the economy*. Executive Office of the President, United States of America (Washington DC).

- Gidado, K. 1996. "Project complexity: The focal point of construction production planning." *Construction Management & Economics* 14 (3): 213-225. <https://doi.org/10.1080/014461996373476>
- Goel, V., and P. Pirolli. 1992. "The structure of design problem spaces." *Cognitive Science* 16 (3): 395-429. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1603\\_3](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1603_3)
- Goldberg, K. 2012. "What is automation?" *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* 9 (1): 1-2. <https://doi.org/10.1109/tase.2011.2178910>
- Goldberg, K. 2019. "Robots and the return to collaborative intelligence." *Nature Machine Intelligence* 1 (1): 2. <https://doi.org/10.1038/s42256-018-0008-x>
- Hashemian, H. M. 2011. "State-of-the-art predictive maintenance techniques." *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 60 (1): 226-236. <https://doi.org/10.1109/tim.2010.2047662>
- Kahneman, D. 2003. "Maps of bounded rationality: psychology for behavioral economics." *The American Economic Review* 93 (5): 1449-1475. <https://doi.org/10.1257/000282803322655392>
- Kahneman, D., A. Slovic, and A. Tversky. 1982. *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511809477>
- Kolbjørnsrud, V., R. Amico, and R. J. Thomas. 2016. "How artificial intelligence will redefine management." *Harvard Business Review*: 1-6. <https://hbr.org/2016/11/how-artificial-intelligence-will-redefine-management>.
- Kolbjørnsrud, V., R. Amico, and R. J. Thomas. 2017. "Partnering with AI: how organizations can win over skeptical managers." *Strategy & Leadership* 45 (1): 37-43. <https://doi.org/10.1108/sl-12-2016-0085>
- Kolbjørnsrud, V., R. Kvålshaugen, and R. Sannes. 2020. "Strategiske gevinster ved robotisering i bygg- og anleggsnæringen." *Praktisk økonomi & finans* 36 (1): 18-32. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2871-2020-01-04>
- Liu, J., C. Xu, Z. Wu, and Y. F. Chen. 2020. "Intelligent rebar layout in RC building frames using artificial potential field." *Automation in Construction* 114: 103172. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103172>
- Malone, T. W., and M. S. Bernstein. 2015. *Handbook of collective intelligence*. Cambridge MA: MIT Press.
- Maududy, C., and A. Gamal. 2019. "Literature review: technologies and property development." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/396/1/012020>
- Ness, S., and A. S. Øyasæter. 2021. *Eiendomsutvikling – fra planlegging til ferdigstillelse*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Ngai, E. W. T., Y. Hu, Y. H. Wong, Y. Chen, and X. Sun. 2011. "The application of data mining techniques in financial fraud detection: a classification framework and an academic review of literature." *Decision Support Systems* 50 (3): 559-569. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.08.006>
- Nilsson, N. J. 1998. *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Parasuraman, R., T. B. Sheridan, and C. D. Wickens. 2000. "A model for types and levels of human interaction with automation." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans* 30 (3): 286-297. <https://doi.org/10.1109/3468.844354>
- Pasquale, F. 2015. *The Black Box Society: The Secret Algorithms That Control Money and Information*. Cambridge MA: Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674736061>
- Patel, B. N., L. Rosenberg, G. Willcox, D. Baltaxe, M. Lyons, J. Irvin, P. Rajpurkar, T. Amrhein, R. Gupta, S. Halabi, C. Langlotz, E. Lo, J. Mammarrappallil, A. J. Mariano, G. Riley, J. Seekins, L. Shen, E. Zucker, and M. P. Lungren. 2019. "Human-machine partnership with artificial intelligence for chest radiograph diagnosis." *NPJ Digital Medicine* 2 (111): 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0189-7>.

- Samek, W., and K.-R. Müller. 2019. "Towards explainable artificial intelligence." In *Explainable AI: Interpreting, Explaining and Visualizing Deep Learning*, 5-22. Cham, Switzerland: Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-28954-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28954-6_1)
- Shea, K., R. Aish, and M. Gourtovaia. 2005. "Towards integrated performance-driven generative design tools." *Automation in Construction* 14 (2): 253-264.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.07.002>
- Shrestha, Y. R., S. M. Ben-Menahem, and G. von Krogh. 2019. "Organizational decision-making structures in the age of Artificial Intelligence." *California Management Review* 61 (4): 66-83.  
<https://doi.org/10.1177/0008125619862257>
- Simon, H. A. 1973. "The structure of ill-structured problems." *Artificial Intelligence* 4 (3/4): 181-201.  
[https://doi.org/10.1016/0004-3702\(73\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8)
- Simon, H. A. 1977. *The New Science of Management Decision*. Rev. ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Starr, C. W., J. Saginor, and E. Worzala. 2020. "The rise of PropTech: emerging industrial technologies and their impact on real estate." *Journal of Property Investment & Finance* 39 (2): 157-169.  
<https://doi.org/10.1108/jpif-08-2020-0090>
- Susskind, R. E., and D. Susskind. 2015. *The future of the professions: How technology will transform the work of human experts*. New York: Oxford University Press, USA.  
<https://doi.org/10.1093/oso/9780198713395.001.0001>
- Tambe, P., P. Cappelli, and V. Yakubovich. 2019. "Artificial intelligence in human resources management: challenges and a path forward." *California Management Review* 61 (4): 15-42.  
<https://doi.org/10.1177/0008125619867910>
- Thomas, R. J. 1994. *What machines can't do: politics and technology in the industrial enterprise*. Berkeley: University of California Press.
- Yin, R. K. 2009. *Case Study Research: Design and Methods*. 4th ed. Vol. 5 *Applied Social Research Methods*. Los Angeles, CA: Sage Publications.