



CHALMERS



Digital tvillingteknik inom fastighetsförvaltning

En studie av värderealisering och organisatoriskt lärande

Examensarbete inom Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

FRIDA HOLLVASTER
SIXTEN LUNDBERG

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

EXAMENSARBETE ACEX20

Digital tvillingteknik inom fastighetsförvaltning

En studie av värderealisering och organisatoriskt lärande

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

FRIDA HOLLVASTER
SIXTEN LUNDBERG

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction Management & Engineering

Examinator Daniella Troje

Handledare Riccardo Levante

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2026

Digital tvillingteknik inom fastighetsförvaltning

En studie av värderealisering och organisatoriskt lärande

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

FRIDA HOLLVASTER

SIXTEN LUNDBERG

© FRIDA HOLLVASTER & SIXTEN LUNDBERG, 2026

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2026

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management & Engineering

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031- 772 10 00

Omslag:

AI genererad bild som föreställer en skissad digital tvilling av en fastighet.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2026

Digital tvillingteknik inom fastighetsförvaltning

En studie om värderealiserings och organisatoriskt lärande

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

FRIDA HOLLVASTER

SIXTEN LUNDBERG

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management & Engineering

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Fastighetssektorn står inför en omfattande digital transformation där digitala tvillingar lyfts fram som ett verktyg med potential att förbättra drift, underhåll och miljöprestanda. Trots detta går implementeringen långsamt inom svensk hyresfastighetsförvaltning, och det saknas tydliga riktlinjer för hur tekniken kan användas för att skapa värde. Syftet med denna studie är att undersöka hur värde realiserar vid implementering av digitala tvillingar inom svensk hyresfastighetsförvaltning, med utgångspunkten att teknik i sig inte skapar värde utan att nyttan beror på organisatoriska strukturer, arbetssätt och processer.

Studien genomfördes som en kvalitativ komparativ studie där svensk hyresfastighetsförvaltning ställdes i relation till tillverkningsindustrin som en digitalt mognare referenssektor, med sjukvården som sekundär jämförelse genom process mining. Det empiriska underlaget utgjordes av åtta semistrukturerade intervjuer med respondenter från fastighetsbolag, teknikleverantörer och ett nationellt forskningscenter, vilka analyserades tematiskt och ställdes mot en litteraturstudie.

Resultatet visar att digital tvillingteknik idag tillämpas på låga mognadsnivåer inom svensk hyresfastighetsförvaltning, huvudsakligen i form av enskilda pilotprojekt och angränsande digitala lösningar snarare än fullt utvecklade, dubbelriktade tvillingar. Implementeringen hämmas av begreppslig oklarhet, organisatoriska hinder i form av silos och adoptionsmotstånd, samt strukturella särdrag i hyresrättssegmentet, framför allt

bruksvärdesprincipens frikoppling av investering från intäkt och transaktionsmarknadens uteblivna värdering av data. De avgörande hindren är genomgående organisatoriska snarare än tekniska.

Studiens slutsats är att värde kan realiseras, men att det förutsätter att tyngdpunkten flyttas från teknikens egenskaper till organisation och process. Värdet uppstår inte av tvillingen i sig utan av de förändrade beslut och arbetssätt som tekniken möjliggör, och först när nyttan aktivt förvaltas och följs upp. De överförbara lärdomarna från tillverkningsindustrin är främst metodologiska, såsom principen att simulera före beslut och att modellera verksamhetens flöden snarare än enbart byggnaden. Den avgörande frågan är därmed inte om digitala tvillingar fungerar tekniskt, utan om branschen förmår utveckla den organisatoriska mognad och de marknadsincitament som krävs för att teknikens potential ska omsättas i realiserat värde.

Nyckelord: Digital tvilling, värderealisering, fastighetsförvaltning, hyresrätter, organisatoriskt lärande, digital transformation

Digital twin in real estate management

A study of value realization and organizational learning

Degree Project in the Engineering Programme

Business Development and Entrepreneurship

FRIDA HOLLVASTER

SIXTEN LUNDBERG

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Construction Management & Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The real estate sector is undergoing a comprehensive digital transformation in which digital twins are highlighted as a tool with the potential to improve operations, maintenance and environmental performance. Despite this, implementation within Swedish rental property management remains slow, and clear guidelines for how the technology can be used to create value are lacking. The purpose of this study is to examine how value is realized when implementing digital twins within Swedish rental property management, based on the premise that technology in itself does not create value, rather, the benefit depends on organizational structures, working practices and processes.

The study was conducted as a qualitative comparative study in which Swedish rental property management was related to the manufacturing industry as a more digitally mature reference sector, with healthcare as a secondary comparison through process mining. The empirical material consisted of eight semi-structured interviews with respondents from property companies, technology vendors and a national research centre, which were analyzed thematically and contrasted with a literature review.

The results show that digital twin technology is currently applied at low maturity levels within Swedish rental property management, mainly in the form of isolated pilot projects and adjacent digital solutions rather than fully developed, bidirectional twins. Implementation is hindered by conceptual ambiguity, organizational barriers in the form of silos and resistance to adoption, and structural characteristics specific to the rental segment, above all the utility-

value principle's decoupling of investment from revenue and the transaction market's failure to value data. The decisive barriers are consistently organizational rather than technical.

The study concludes that value can be realized, but that this requires shifting the focus from the properties of the technology to organization and process. Value does not arise from the twin itself but from the changed decisions and working practices that the technology enables, and only when the benefit is actively managed and followed up. The transferable lessons from the manufacturing industry are primarily methodological, such as the principle of simulating before deciding and modelling the operation's flows rather than the building alone. The decisive question is therefore not whether digital twins function technically, but whether the sector can develop the organizational maturity and market incentives required to translate the technology's potential into realized value.

Keywords: Digital twin, value realization, real estate management, rental housing, organizational learning, digital transformation

Innehåll

SAMMANFATTNING.....	V
ABSTRACT	VIII
Förord	XIV
Begreppsförteckning	XV
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställningar	2
1.3 Avgränsningar	4
2 Litteraturstudie	5
2.1 Digital transformation och digitala tvillingar	5
2.1.1 Digital transformation – begreppsdefinitioner och drivkrafter	5
2.1.2 Digitala tvillingar – begrepp, historik och mognadsnivåer	6
2.1.3 Möjliggörande teknologier	7
2.1.4 Industriella paradig: Industry 4.0 och PropTech	8
2.2 Värderialisering av digital teknik	8
2.2.1 Love och Matthews fem aspekter för värderialisering	8
2.3 Organisatorisk förmåga och förändringsledning.....	9
2.3.1 Teknikacceptans och användarbeteende.....	9
2.3.2 Förändringsledning och organisatorisk mognad	9
2.4 Fastighetsförvaltning och digitala tvillingar	10
2.4.1 Definition och struktur - asset, property och facility management	11
2.4.2 Hyresrättssegmentets särdrag	11
2.4.3 Regulatoriska krav och energiprestanda.....	11
2.4.4 Digitala tvillingar i fastighetsförvaltning – tillämpningar och möjligheter	12

2.4.5	Hinder och utmaningar för implementering av digital tvillingteknik inom fastighetssektorn.....	13
2.5	<i>Referenssektorer och överförbara lärdomar</i>	14
2.5.1	Digitala tvillingar inom tillverkningsindustrin.....	14
2.5.2	Digitala tvillingar inom sjukvården.....	16
2.5.3	Komparativ analys och lärdomar för fastighetssektorn.....	17
2.6	<i>Sammanfattning och teoretiska utgångspunkter för den empiriska studien</i>	17
3	Metod	19
3.1	<i>Undersökningsstrategi</i>	19
3.2	<i>Undersökningsdesign</i>	19
3.3	<i>Undersökningsmetod</i>	19
3.4	<i>Litteraturstudiens genomförande</i>	20
3.5	<i>Intervjustudiens genomförande</i>	21
3.6	<i>Analysmetod</i>	22
3.7	<i>Etiska överväganden</i>	22
3.8	<i>Studiens trovärdighet</i>	22
3.9	<i>Användning av AI</i>	23
3.10	<i>Metodkritik</i>	23
4	Empiriskt resultat	24
4.1	<i>Definition och förståelse av digitala tvillingar</i>	24
4.2	<i>Nuvarande tillämpning inom hyresfastighetsförvaltning</i>	27
4.3	<i>Drivkrafter och incitament</i>	31
4.4	<i>Hinder och utmaningar</i>	32
4.5	<i>Värderealisering: case och affärslogik</i>	34
4.6	<i>Organisation och samarbete</i>	36
4.7	<i>Tillverkningsindustrin som referens och överförbarhetens gränser</i>	38
4.8	<i>Framtidstro och utvecklingsriktningar</i>	40

5	Diskussion	42
5.1	<i>Begreppslig förvirring och tillämpningens mognadsnivå</i>	42
5.2	<i>Hindren är organisatoriska snarare än tekniska</i>	43
5.3	<i>Hyresrättssegmentets strukturella särdrag</i>	44
5.4	<i>Värderealiserings diffusa och svåråtkärla karaktär</i>	46
5.5	<i>Tillverkningsindustrin som referens</i>	47
5.6	<i>Sammanfattande reflektion</i>	48
6	Slutsats	50
6.1	<i>Framtida studier</i>	51
7	Litteraturlörteckning	52
8	Bilagor	57

Förord

Detta examensarbete har genomförts under vårterminen 2026 som en avslutande del av en Teknologie kandidatexamen i Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers tekniska högskola.

Vi vill inledningsvis rikta ett stort tack till Stena Fastigheter för möjligheten att genomföra detta kandidatarbete i samarbete med företaget. Vidare vill vi rikta ett särskilt tack till våra handledare Stephan Begic och Martin Gadd på Stena Fastigheter, för stöttning och värdefullt samarbete genom hela processen.

Vi tackar även Riccardo Levante, handledare vid Chalmers, samt examinator Daniella Troje för stöd och engagemang genom processen.

Ett tack riktas också till våra opponenter för deras granskning och konstruktiva synpunkter, som bidragit till att förbättra arbetet.

Avslutningsvis vill vi rikta ett varmt tack till samtliga intervjurespondenter som deltagit i studien.

Göteborg, juni 2026

Begreppsförteckning

Digital tvilling	En digital tvilling är en virtuell representation av ett fysiskt objekt, system eller tillgång som kan förstås, analyseras och styras med hjälp av realtidsdata eller en simuleringsmodell under hela objektets livscykel (Grieves, 2005).
Internet of Things (IoT)	Nätverket av sensorer och enheter som samlar in och överför den realtidsdata som krävs för att driva en digital tvilling (Boltaboyeva m.fl., 2024; Al-haimi m.fl., 2025).
Artificiell intelligens (AI)	AI är ett samlingsnamn för maskiner och datorprogram som har förmågan att efterlikna mänskliga kognitiva funktioner (Artificiell intelligens (AI), u.å.)
CRM-system	Kundrelationshantering (CRM) är en kontinuerlig process för att initiera, upprätthålla och avsluta relationen mellan kund och företag, snarare än att vara en teknologi eller enstaka strategi (Yoo m.fl., 2024). Det omfattar vanligtvis kontakthantering.
Building Information Modeling (BIM)	Building Information Modeling (BIM) är både en digital 3D-modell och en metodik för hantering av information under en byggnads livscykel (Boverket, 2023). I design- och projekteringskedet används BIM för att samla information om byggnaden, samordna modeller, testa olika utformningar och förebygga problem under produktion. I förvaltningsskedet kan BIM stödja drift och underhåll.
Värde	Värde definieras i denna studie som affärsvärde, vilket är de nyttor som skapas i en specifik kontext och ur ett givet perspektiv (Håkansson & Käck, 2019; Gibson m.fl., 2004). Begreppet affärsvärde kan mätas med materiella (mätbara) värden eller immateriella (svårsmätbara) värden, såsom effektivare arbetsprocesser och ökad affärskunskap. Att mäta värden i IT-investeringar är ofta svårt och dessa tenderar därför ofta att hamna under semi-immateriella eller immateriella effekter (Becerik-Gerber & Rice, 2010).
Business case	Ett business case syftar till att övertyga en företagsledning om varför en investering, till exempel ett projekt, bör genomföras. Det motiverar de resurser som krävs, kopplar projektet till organisationens affärsmodell och visar tydligt vilken affärsnytta investeringen förväntas ge (Pinto, 2020).

1 Inledning

Fastighetssektorn står inför en omfattande digital transformation där tekniska lösningar som digitala tvillingar väntas ha betydande potential att förbättra såväl miljöprestanda som operativ kontroll. Trots detta går implementeringen i praktiken långsamt, vilket väcker frågor om vilka faktorer som påverkar teknikanvändningen och möjligheterna att realisera värde i fastighetsbranschen.

1.1 Bakgrund

Fastighetssektorn står idag för cirka 39 procent av de globala koldioxidutsläppen, varav omkring 28 procent kan kopplas till fastigheters drift och förvaltning (Zhou m.fl., 2025). Mot bakgrund av den ökade globala uppmärksamheten på hållbar utveckling och klimatneutralitet möter sektorn ett växande krav på att förbättra sin miljöprestanda och utveckla mer hållbara förvaltningsstrategier. Traditionella arbetssätt inom fastighetsförvaltning har blivit otillräckliga för att möta förväntningarna och de samhälleliga behoven (Fülöp & Ionescu, 2025). Utan systematiska verktyg riskerar hållbarhetsmålen att förbli ambitiösa snarare än handlingsbara.

Digitalisering och automatisering driver redan förändring inom bygg- och fastighetsbranschen. Traditionella manuella och pappersbaserade processer ersätts alltmer av teknologier som Building Information Modelling (BIM) och Internet of Things (IoT), vilket skapar möjligheter till förbättrad effektivitet, produktivitet och säkerhet (Love & Matthews, 2019). BIM används i stor utsträckning i nyproduktion för att skapa detaljerade digitala representationsmodeller av byggnader och dess komponenter (Eastman m.fl., 2011). Forskningen visar dock att BIM ofta inte utnyttjas fullt ut i förvaltningsskedet, och att viktig information kan gå förlorad i övergången mellan byggprojekt och driftorganisation (Volk, Stengel & Schultmann, 2014). Detta informationsgap begränsar möjligheten att utnyttja den digitala information som skapas under byggprocessen i förvaltning och underhåll (Whyte & Hartmann, 2017).

Som ett potentiellt verktyg för att överbrygga detta gap har digitala tvillingar uppmärksamrats inom flera sektorer, däribland flygindustrin, tillverkningsindustrin, hälso- och sjukvård, energisektorn och stadsplanering. Flertalet studier visar dock att teknologin i sig inte skapar värde utan att organisationer måste förstå hur teknologin används, vilka processer

som måste förändras, och hur medarbetare interagerar med informationen (Love & Matthews, 2019).

Inom svensk hyresfastighetsförvaltning befinner sig implementeringen av digitala tvillingar fortfarande i ett tidigt skede och det saknas tydliga riktlinjer för hur teknologin kan användas för att skapa värde och stödja drift och underhåll (Moshood, Rotimi, Shahzad & Bamgbade, 2024). Sektorn präglas av ett stort befintligt bestånd där cirka 90 procent av byggnaderna är byggda före 1990 och därmed ofta saknar den digitala byggnadsinformation som teknologin förutsätter (Volk m.fl., 2014).

Mot denna bakgrund skapas ett forskningsbehov om hur digitala tvillingar tillämpas inom svensk hyresfastighetsförvaltning samt vilka förutsättningar som krävs för att realisera värde genom tekniken. Genom en jämförelse med en digitalt mer mogen sektor analyseras vilka arbetssätt och organisatoriska förutsättningar som kan bidra till en mer värdeskapande implementering av digitala tvillingar inom fastighetsbranschen.

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med studien är att undersöka hur värde kan realiseras vid implementering av digitala tvillingar inom svensk hyresfastighetsförvaltning. Studien fokuserar särskilt på de organisatoriska, strategiska och verksamhetsrelaterade faktorer som påverkar möjligheten att omsätta teknikens potential i praktisk nytta.

Värderealisering definieras som processen genom vilken avsett värde faktiskt uppnås genom att lösningar utvecklas och tillämpas (Digg, u.å.). Utgångspunkten är att implementering av nya tekniska lösningar och verktyg i sig inte genererar värde, utan att faktiskt värde är beroende av organisatoriska strukturer, arbetssätt, kompetens och strategisk samordning (Love & Matthews, 2019). Genom att fokusera på värderealisering flyttas den analytiska tyngdpunkten från teknikens egenskaper till organisation och processer.

Studien har genomförts som en kvalitativ komparativ undersökning där svensk hyresfastighetsförvaltning ställs i relation till tillverkningsindustrin. Tillverkningsindustrin valdes som jämförelsessektor eftersom digitala tvillingar har sitt moderna ursprung där (Grieves, 2005), och sektorn utgör kärnan av Industry 4.0. Som ett kompletterande perspektiv inkluderas även sjukvårdssektorn, specifikt kopplat till process mining, ett verktyg för att

kartlägga och analysera verksamhetsprocesser utifrån data. Process mining lyfts fram som ett möjligt mellansteg mot digital tvilling implementering, vilket gör sjukvårdens erfarenheter relevanta för förståelsen av hur fastighetsförvaltning kan utveckla sin egen processkartläggning.

Genom denna jämförelse syftar studien till att identifiera vilka hinder, möjligheter och incitament som förklarar varför digitala tvillingar har utvecklats mer och snabbare inom tillverkningsindustrin, samt vilka lösningar och arbetssätt som är överförbara till fastighetsförvaltning av hyresrätter. För hyresfastighetsförvaltningen innebär detta en möjlighet att påskynda den digitala mognaden genom att dra lärdom av en sektor där digitala tvillingar redan är mer etablerade, vilket kan minska osäkerheten i implementeringsfasen genom att synliggöra beprövade metoder och potentiella fallgropar.

Studien genomförs i samarbete med Stena Fastigheter och dess IT-avdelning. Samarbetet utgör en empirisk ingång till hyresfastighetsförvaltningen, med syfte att generera insikter relevanta för sektorn som helhet. Det empiriska underlaget omfattar även andra aktörer inom fastighetssektorn samt leverantörer av tjänster kopplade till digitala tvillingar. Stenas verksamhet belyser att riktlinjer för digitala tvillingar idag finns inom kommersiell fastighet, men saknas för hyresrätter, vilket motiverar behovet av detta kandidatarbete.

Följande forskningsfrågor har legat till grund för vår studie:

FF1: Hur tillämpas digital tvillingteknik idag inom svensk fastighetsförvaltning av hyresrätter, och vilka faktorer påverkar implementeringen?

FF2: Hur kan värde realiseras vid implementering av digitala tvillingar inom svensk hyresfastighetsförvaltning?

Dessa frågeställningar ämnar till att skapa förståelse för hur digitala tvillingar idag appliceras inom svensk fastighetsförvaltning, vilka hinder och drivkrafter som präglar implementeringen och vad som krävs för att tekniken ska leverera realiserbart värde. Genom att jämföra med mognare sektorer, där digitala tvillingar är mer etablerade, undersöks vilka faktorer som möjliggjort en mognare tillämpning samt vilka lärdomar som kan överföras till svensk hyresrättsförvaltning.

1.3 Avgränsningar

Studien avgränsas till digitalisering och användning av digitala tvillingar inom svensk hyresfastighetsförvaltning. Fokus ligger på var svenska fastighetsbolag befinner sig i sin digitala mognad och vilka faktorer som påverkar implementeringen av digitala tvillingar, snarare än på en detaljerad granskning av enskilda bolags tekniska tillvägagångssätt.

Tillverkningsindustrin används som primär referenssektor och sjukvården som sekundär, men studien syftar inte till att ge en heltäckande bild av dessa branscher utan till att belysa den process och stegvisa mognadsutveckling som kan vara överförbar till fastighetsförvaltning. Studien är tidsmässigt avgränsad till utvecklingen under de senaste tio åren, vilket motsvarar den period då digitala tvillingar fått bredare spridning utanför sitt ursprung i tillverkningsindustrin.

Studien är inriktad på bostadshyresrätter och behandlar inte kommersiella fastigheter annat än som jämförelsepunkt. Detta motiveras av att hyresrättssegmentet skiljer sig juridiskt och ekonomiskt från det kommersiella beståndet, bland annat genom bruksvärdesprincipen och avsaknaden av marknadsprissättning, vilket påverkar förutsättningarna för värderealisering på ett sätt som är centralt för studiens syfte.

Tematiskt fokuserar studien på organisatoriska och processrelaterade aspekter av implementering och värderealisering snarare än på de tekniska lösningarna i sig, såsom systemarkitektur och dataintegration. Studien omfattar inte heller detaljerade ekonomiska analyser, såsom lönsamhetskalkyler, avkastningsberäkningar eller kostnadsuppskattningar för enskilda investeringar.

2 Litteraturstudie

Detta kapitel redogör för den tidigare forskning och de teoretiska perspektiv som ligger till grund för studiens analys. Kapitlet rör sig från digital transformation, via digitala tvillingar som teknik och begrepp, till de organisatoriska förutsättningar som formar värderealisering. Tillverkningsindustrin används som primär referenssektor och sjukvården som sekundär, och kapitlet avslutas med de teoretiska utgångspunkter och luckor som den empiriska studien syftar till att belysa.

2.1 Digital transformation och digitala tvillingar

Avsnittet introducerar de centrala begreppen för studien. Inledningsvis redogörs för digital transformation som fenomen och drivkraft, därefter digitala tvillingar som begrepp och teknik, de teknologier som möjliggör dem, samt de industriella paradigmen de ingår i.

2.1.1 Digital transformation – begreppsdefinitioner och drivkrafter

Världen står inför allt fler utmaningar kopplat till klimatförändringar, demografiska förändringar och urbanisering (Baum m.fl., 2019). Dessa utmaningar ställer ökade krav på städer att på ett innovativt sätt hantera frågor som överbefolkning, energikonsumtion och resursanvändning. Samtidigt behöver lösningarna säkerställa hållbar utveckling och upprätthålla en hög livskvalitet för invånarna (Brutti m.fl., 2019).

I litteraturen görs en åtskillnad mellan digitisering, digitalisering och digital transformation (Verhoef m.fl., 2021).

- *Digitisering* avser omvandlingen av information från analog till digital form.
- *Digitalisering* används som ett vidare begrepp för processer där digital teknik används för att förändra eller effektivisera befintliga aktiviteter, tjänster och affärsmodeller.
- *Digital transformation* beskriver ett bredare, mer genomgripande skifte där flera digitaliseringsinitiativ tillsammans förändrar hur organisationer och samhälle fungerar, inklusive beteenden, strukturer och värdeskapande logik.

Digitalisering och digital transformation utgör därmed en central drivkraft för förändring inom företag, både för att möjliggöra förnyelse och för att hantera den pågående strukturomvandlingen i näringslivet. Incitamenten omfattar effektivare processer, bättre beslutsunderlag, nya tjänster och affärsmodeller samt stärkta möjligheter att möta regulatoriska krav och hållbarhetsmål. Eftersom digitaliseringen utmanar etablerade

affärsmodeller och strukturer riskerar de företag som inte förmår förnya sig att förlora sin konkurrensposition på marknaden (Dunsö & Henryson, 2018). Samtidigt visar studier att mindre än en tredjedel av digitala transformationsinitiativ lyckas, vilket pekar på betydande genomförandeutmaningar (McKinsey & Company, 2018).

Digital transformation kan mot bakgrund av detta förstås som mer än en teknisk förändring. Den är en genomgripande samhällsförändring som påverkar ekonomiska strukturer, maktrelationer, vardagsliv och institutioner. Detta skapar nya förutsättningar och krav för sektorer som fastighetsbranschen, där långsiktigt ägande och trögrörliga strukturer möter ökade förväntningar på effektivitet, transparens och hållbarhet.

2.1.2 Digitala tvillingar – begrepp, historik och mognadsnivåer

En vanligt citerad definition av digitala tvillingar kommer från Glaessgen och Stargel (2012), som beskriver tekniken som bestående av tre huvudkomponenter: ett fysiskt objekt, en virtuell representation och kommunikationen mellan dessa. Denna tredelade struktur betonar vikten av de fysiska systemen, modelleringen och dataflödet däremellan. För digitala tvillingar i fastighetsförvaltning innebär detta att byggnaden som fysisk tillgång, den virtuella representationen (modell, data, algoritmer) och infrastrukturen för insamling och överföring av data alla behöver beaktas.

Konceptets rötter kan spåras tillbaka till rymdindustrin 1970, där ingenjörer använde modeller av rymdfarkosten för att simulera olika scenarier och identifiera lösningar efter en kritisk incident (Singh m.fl., 2021). Senare har digitala tvillingar utvecklats till en del av den moderna industrins digitalisering, särskilt inom tillverkningsindustrin.

Trots den växande användningen finns det enligt Itxaro Errandonea ingen helt entydig definition av digitala tvillingar (Errandonea m.fl., 2020). En komplexitet kring begreppet uppstår då det finns många liknande koncept och produkter som leder till förvirring mellan begrepp som exempelvis, CPS (Cyber-Physical Systems) och IoT.

En viktig faktor i hur digitala tvillingar är uppbyggda är hur kommunikationen mellan det fysiska och det virtuella objektet flödar. Kritzinger m.fl. (2018) föreslår ett ramverk med tre mognadsnivåer: digital modell, digital skugga och digital tvilling. På den första nivån är modellen fristående från den fysiska verkligheten och uppdateras manuellt. På den andra nivån, den digitala skuggan, uppdateras modellen automatiskt med enkelriktade data från det

fysiska systemet, men påverkar inte systemet tillbaka, exempelvis en sensor som löpande matar information till den digitala modellen. På den tredje nivån finns ett ömsesidigt dataflöde där den digitala tvillingen både avspeglar och kan styra det fysiska systemet. Detta mognadstänkande är relevant för studien eftersom det synliggör att många tillämpningar som i praktiken benämns digitala tvillingar befinner sig på lägre nivåer.



Figur 1: Kritzinger m.fl.:s (2018) ramverk med tre mognadsnivåer. Egen illustration genererad med AI

2.1.3 Möjliggörande teknologier

Det finns ett flertal teknologier som har banat väg för digitala tvillingar inom fastighetssektorn samt flera teknologier som måste appliceras för att kommunikationen och datainsamlingen skall fungera. I detta kapitel presenteras dessa teknologier samt hur de interagerar med den digitala tvillingen.

Den första möjliggörande teknologin är Building Information Modeling (BIM), en digital modell där information om en byggnad samlas under dess livscykel (Boje m.fl., 2020). En central begränsning är att mycket av den information som skapas under design- och byggskedet går förlorad i övergången till förvaltningsfasen, vilket gör BIM-modeller till relativt slutna och svåra att integrera med teknologier som IoT och AI. Digitala tvillingar har identifierats som ett potentiellt verktyg för att överbrygga detta informationsgap mellan byggskede och förvaltning.

IoT (Internet of Things) avser fysiska objekt som är uppkopplade och kan samla in och överföra data (Riazul Islam m.fl., 2016). För digitala tvillingar i byggnader är IoT avgörande, eftersom data från det fysiska objektet måste nå den virtuella kopian (Sepasgozar, 2021).

Artificiell intelligens (AI) är ett snabbt växande ämne som har potential att transformera en mängd olika verksamheter. AI förbättrar kapaciteten hos digitala tvillingar genom att möjliggöra sofistikerad analys, automatisering och beslutsfattande (Mishra m.fl., u.å.). I takt med att AI-tekniken går framåt kommer möjligheten för integrering med digitala tvillingar att expandera.

2.1.4 Industriella paradig: Industry 4.0 och Proptech

Industry 4.0 betecknar den fjärde industriella revolutionen, där IoT, AI och digitala tvillingar integreras till smarta, autonoma system med fokus på automatisering och datautbyte (Boltaboyeva m.fl., 2024; Attaran & Celik, 2023). Begreppet uppstod inom tillverkningsindustrin, och dess motsvarighet inom fastighetssektorn kallas proptech: ett samlingsnamn för digitala teknologier, däribland BIM, IoT, AI och digitala tvillingar, som påverkar fastigheters utveckling, förvaltning och användning (Siniak m.fl., 2020). Genom proptech kan fastighetsbolag effektivisera driften, sänka energikostnader och stärka fastighetens värde (Braesemann & Baum, 2020).

2.2 Värderialisering av digital teknik

Detta avsnitt redogör för hur värde uppstår vid implementering av digital teknik. Love och Matthews ramverk för värderialisering används som teoretisk grund och återkommer som analysverktyg i studiens diskussion.

2.2.1 Love och Matthews fem aspekter för värderialisering

Även om den tekniska implementeringen kan ske relativt snabbt, kräver de organisatoriska förändringar som behövs för att realisera nyttan fortfarande månader eller år. För att dra full nytta av digitala tvillingar måste företaget arbeta med förändringar i processer, rutiner och kompetens (Love & Matthews, 2019). Love och Matthews lyfter fem centrala aspekter som är avgörande för att kunna omvandla teknologin till affärsmässiga fördelar:

1. Att enbart inneha teknologin genererar inga fördelar i sig. Värdet uppstår först när teknologin faktiskt används.
2. Fördelarna uppstår när teknologin möjliggör förändringar i arbetssättet för organisationen och dess medarbetare.
3. De värdeskapande förändringarna kan endast genomföras av verksamhetsledare, användare och kunder.

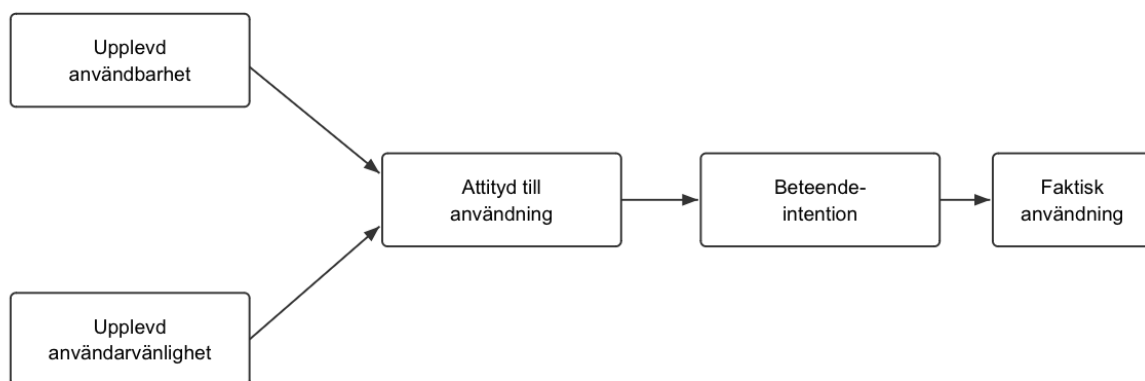
4. Användning av teknologin kan också medföra negativa effekter och påverka konkurrenspositionen.
5. Fördelar måste förvaltas aktivt. Om organisationen inte planerar för integration med äldre system eller andra kända fallgropar uteblir nyttan.

2.3 Organisatorisk förmåga och förändringsledning

Detta avsnitt behandlar organisatoriska förmågor som enligt litteraturen avgör om digital teknik lyckas skapa värde.

2.3.1 Teknikacceptans och användarbeteende

Technology Acceptance Model (TAM), introducerad av Davis (1989), modellerar hur användare accepterar och anammar ny teknik. Ullah, Sepasgozar och Wang (2018) tillämpar ramverket på fastighetsbranschen och visar hur det kan stödja en mer effektiv implementering av ny teknik. Modellen bygger på två komponenter, upplevd användbarhet och upplevd användarvänlighet, vilka påverkar individens attityd till användning av tekniken. Denna attityd påverkar i sin tur individens beteendeintention till användning, vilket anses vara den närmaste uppskattningen för faktisk användning av tekniken. I detta avseende blir beteendeintentionen en avgörande faktor för huruvida digitala lösningar faktiskt implementeras och används i praktiken.



Figur 2: Technology Acceptance Model (egen bearbetning efter Davis, 1989)

2.3.2 Förändringsledning och organisatorisk mognad

För att skapa värde räcker det inte med teknisk innovation. För att optimera processer och nå verklig förbättring krävs en balans mellan människor, processer och teknik (Prodan m.fl.,

2015). Inom fastighetsbranschen är detta särskilt relevant då införandet av digitala tvillingar ofta hindras av organisatoriska barriärer och en bristande samsyn (Jones m.fl., 2020).

För att en digital transformation ska lyckas krävs en aktiv förändringsledning som styr individer och organisationer genom övergången (Love & Matthews, 2019). Två faktorer är centrala. Den första är drivkrafterna, det vill säga att identifiera de faktiska nyttor som motiverar organisationen att investera tid och resurser i tekniken. Den andra är acceptansen, att säkerställa att användarna upplever tekniken som användbar och enkel att ta till sig, vilket är avgörande för att den inte ska väljas bort (Davis, 1989).

Digitala tvillingar tenderar att väcka stora visioner och ambitiösa förväntningar, men Strasser m.fl. (2025) menar att den verkliga utmaningen sällan är teknisk. I en bred studie om digitala tvillingar identifierade Strasser m.fl. tre strukturella förhållanden som återkommande bromsar framgångsrik implementering. Det första rör mognad: tekniken kan inte realisera sin fulla potential om inte förståelse, målbild och operativ kapacitet utvecklas i hela organisationen, från ledning till verksamhet. Det andra rör samverkan, eftersom värdet uppstår först när tvillingar kopplas samman, vilket förutsätter gemensamma standarder och plattformar. Det tredje rör en ansvarsförskjutning, där varken IT-avdelningen eller verksamheten tar ägarskap över kompetensfrågan, utan var och en betraktar den som den andra partens ansvar. Det är alltså inte avsaknaden av teknik som hindrar digitala tvillingar från att leverera sitt löfte, utan avsaknaden av organisatorisk samsyn, tvärsektoriellt ägarskap och strukturerad mognadsutveckling. Tekniken finns, men frågan om organisationen är redo att bära den kvarstår.

Love & Matthews betonar att värde uppstår först när teknologin faktiskt används, vilket direkt överensstämmer med TAM-modellens fokus på upplevd användbarhet och användarvänlighet som förutsättning för faktisk användning. Tillsammans utgör de två komplementära perspektiv på samma grundproblem: att teknisk implementering och organisatorisk adoption är skilda processer som måste hanteras parallellt.

2.4 Fastighetsförvaltning och digitala tvillingar

Detta avsnitt placerar digitala tvillingar i en fastighetskontext. Det redogör för hur fastighetsförvaltning är organiserad, vilka särdrag hyresrättssegmentet och dess regelverk

medför, samt vilka tillämpningar, möjligheter och hinder som litteraturen lyfter fram för digitala tvillingar inom branschen.

2.4.1 Definition och struktur - asset, property och facility management

Fastighetsförvaltning är ett område som sträcker sig långt bortom ren fastighetsskötsel (Fülöp & Ionescu, 2025). Det inkluderar strategiska och operativa processer för värdeskapande, hållbarhet och riskhantering i fastighetsportföljer.

Fülöp och Ionescu beskriver organisations- och rollstrukturen i tre förvaltningsnivåer som samverkar:

- *Asset management* – strategiska portföljbeslut och värdeökande åtgärder.
- *Property management* – operativa uppgifter som hyresförvaltning och underhållsplanering.
- *Facility management* – teknisk drift, energieffektivitet och fastigheters funktionalitet.

För att skapa synergieffekter och eliminera målkonflikter mellan dessa nivåer krävs en tydlig rollfördelning, gemensamma kommunikationsplattformar och regelbundna samordningsmöten.

2.4.2 Hyresrättssegmentets särdrag

Hyresrättssegmentet skiljer sig i grunden från kommersiella fastigheter genom sin juridiska reglering (12 kap. jordabalken, SFS 1970:994). Hyresgäster i bostadshyresrätter har ett starkt besittningsskydd och hyressättningen styrs av bruksvärdesprincipen, vilket innebär att hyran ska motsvara vad som är skäligt i förhållande till likvärdiga bostäder i orten. Kommersiella lokaler regleras av samma lag men har större avtalsfrihet, där hyra och villkor bestäms genom förhandling mellan parterna utan samma skydd för nyttjaren.

2.4.3 Regulatoriska krav och energiprestanda

Fastigheter omfattas av omfattande energikrav. Boverkets byggregler (BBR) ställer krav på att byggnader ska vara energisnåla, välisolerade och använda värme, kyla och el effektivt (Boverket, u.å.). Kraven har sin rättsliga grund i plan- och bygglagen (PBL) och plan- och byggförordningen (PBF), där BBR preciserar de tekniska detaljerna. På EU-nivå påverkas lagstiftningen av direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD), bland annat genom krav på energideklarationer och successivt skärpta prestandakrav, med målet om ett koldioxidfritt byggnadsbestånd senast 2050 (Energy Performance of Buildings Directive, u.å.). Eftersom byggnader är den största energianvändaren i Europa är förbättrad energiprestanda i det

befintliga beståndet central, men omställningstakten är fortfarande låg. För hyresrättsbeståndet innebär detta att fastighetsägare behöver ha kontroll på energianvändningen, kunna följa upp åtgärder och planera långsiktigt för renoveringar. Digitala tvillingar lyfts i litteraturen som ett möjligt verktyg för att analysera, simulera och styra energiprestanda över byggnadens livscykel.

2.4.4 Digitala tvillingar i fastighetsförvaltning – tillämpningar och möjligheter

Fastighetsförvaltning omfattar de processer som syftar till att bevara, utveckla och anpassa en fastighets funktioner över tid (Pedral Sampaio m.fl., 2022). Förvaltningen kan struktureras i tre delar: en teknisk, en ekonomisk och en administrativ dimension (Nordstrand, 2008). Den tekniska förvaltningen rör fastighetens drift och funktion, den ekonomiska dimensionen innefattar redovisning, investeringar och ekonomisk planering, medan den administrativa förvaltningen hanterar exempelvis uthyrning och lokalutveckling. Inom den tekniska förvaltningen utgör drift och underhåll centrala begrepp vars innebörd varierar beroende på sammanhang. Drift avser det löpande arbetet med att upprätthålla fungerande system för energi, ventilation och avfall, och innefattar kontinuerlig övervakning samt uppföljning av driftdata såsom temperatur och energianvändning.

Fastighetssektorn har traditionellt sett varit beroende av manuella processer inom områden som uthyrning, försäljning, fastighetsvärderingar och fastighetsförvaltning (Al-haimi m.fl., 2025). I takt med den snabba utvecklingen av digital teknik genomgår branschen en betydande förändring. Tekniska innovationer implementeras i syfte att optimera verksamhetsprocesser, förbättra kundupplevelser och effektivisera fastighetsförvaltningen.

Trots detta är forskningen om digital transformation mindre utvecklad inom fastighetsbranschen än inom sektorer som finans och sjukvård (Massaro, 2023). Samtidigt finns en betydande potential för digital transformation inom fastighetsförvaltning, som omfattar allt från underhåll och reparationer till kundrelationer och energihantering (Siniak m.fl., 2020).

Al-haimi m.fl. (2025) presenterar ett konceptuellt ramverk för digital transformation inom fastighetsbranschen, som beskriver hur teknologiskt införande kan möjliggöra fördelar såsom ökad effektivitet, transparens, förbättrat samarbete och kostnadsbesparingar, men också hämmas av höga kostnader, datasäkerhetsrisker och motstånd mot förändring. Dessa faktorer

påverkar i sin tur aktörerna i branschens ekosystem, exempelvis förvaltare, investerare, hyresgäster och beslutsfattare. Digitala tvillingar lyfts särskilt fram som ett verktyg för att optimera processer genom hela byggnadens livscykel och för att minska energiförbrukning och koldioxidutsläpp, vilket stärker organisationers hållbarhetsprofil (Adamenko m.fl., 2020; Baum m.fl., 2019).

Zhou m.fl. (2025) undersöker hur digitala tvillingar kan möjliggöra ett mer datadrivet beslutsfattande inom fastighetsförvaltning. Genom att skapa dynamiska representationer av byggnader och integrera dem med artificiell intelligens kan förvaltare inte enbart övervaka, utan även simulera och optimera scenarier i en virtuell miljö. Detta bidrar till att överbrygga det så kallade "data-to-decision gap" och möjliggör en övergång från reaktiv till proaktiv förvaltning, där investeringsbeslut kan testas i en riskfri miljö innan resurser allokeras. Därmed förändras även förvaltarens roll, från att verkställa förutbestämda rutiner till att aktivt analysera komplexa samband och fatta strategiska beslut.

Tekniken kan dessutom användas för strategisk riskhantering, genom att synliggöra investeringar som riskerar att bli ekonomiskt ineffektiva innan kapital allokeras (Zhou m.fl., 2025). Detta innebär att teknologin inte enbart bidrar till effektivare drift utan även till en mer ansvarsfull kapitalförvaltning.

2.4.5 Hinder och utmaningar för implementering av digital tvillingteknik inom fastighetssektorn.

Trots fördelarna finns betydande utmaningar som hämmar investeringsviljan i digitala tvillingar. Det råder en brist på samsyn kring vad digitala tvillingar faktiskt innebär, vilket skapar förvirring inom branschen (Jones m.fl., 2020). En av de största trösklarna är bristen på digital byggnadsinformation, eftersom cirka 90 procent av fastighetsbeståndet är byggt före 1990 och ofta saknar de data som krävs (Volk m.fl., 2014). Detta gör att digitala tvillingar ofta framstår som mer lönsamma för nyproduktion, där modeller redan finns tillgängliga (Koch m.fl., 2019).

Utöver detta lyfter litteraturen fram en rad organisatoriska och tekniska hinder (Al-haimi m.fl., 2025; Zhou m.fl., 2025). Höga initiala investeringskostnader och osäkerhet kring avkastning skapar tveksamhet inför ny teknik, samtidigt som datasäkerhet blir en allt mer central fråga när information digitaliseras. Vidare hämmas utvecklingen av organisatoriskt

motstånd mot förändring, ofta kopplat till bristande kompetens, samt av låg digital mognad, bristande datakvalitet och svårigheter att integrera ny teknik i befintliga system och arbetssätt. Att tekniken anpassas till användarnas behov är dessutom avgörande för acceptans och faktisk användning, i linje med teknikacceptansmodellen (Davis, 1989). Framgångsrik digitalisering kräver därför inte enbart ekonomiska investeringar, utan även organisatorisk beredskap och nya arbetssätt.

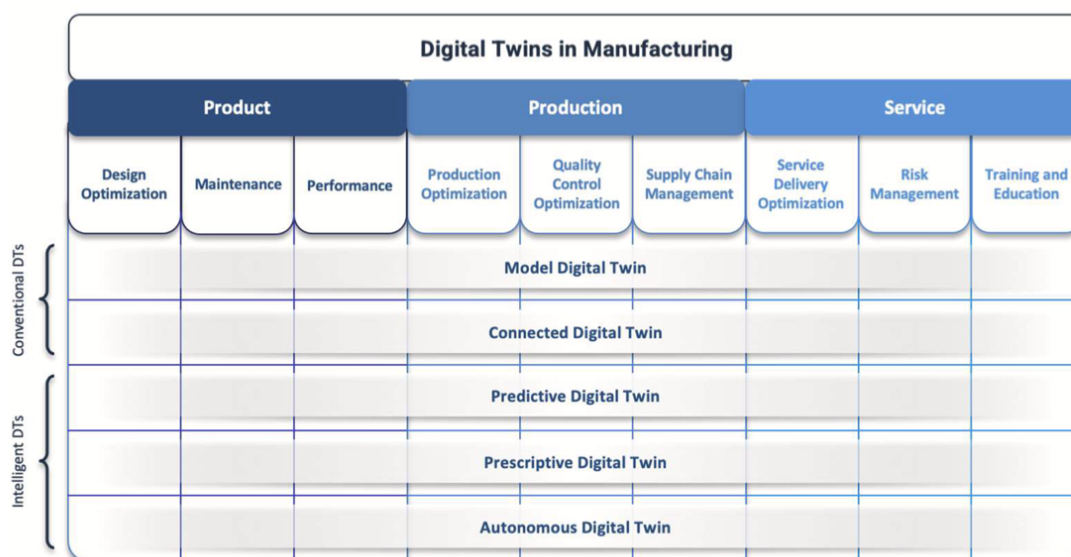
Sammantaget kan digitala tvillingar förstås som ett verktyg för att hantera komplexitet i fysiska miljöer genom att kombinera mänsklig analys med avancerad databehandling. Tekniken möjliggör inte enbart visualisering av nuläget, utan även djupare insikter baserade på historisk data och realtidsdata, vilket skapar förutsättningar för mer informerade beslut och effektivare styrning. Samtidigt kräver detta både teknologisk utveckling och organisatoriska förändringar, vilket innebär att teknikens fulla potential ännu inte är realiserad i praktiken.

2.5 Referenssektorer och överförbara lärdomar

Detta avsnitt behandlar hur digitala tvillingar tillämpas i mer digitalt mogna sektorer och vilka lärdomar som kan vara överförbara till fastighetsförvaltning. Tillverkningsindustrin används som primär referenssektor, eftersom digitala tvillingar har sitt ursprung där, och sjukvården som sekundär, främst genom process mining som ett perspektiv på hur verksamhetsprocesser kan synliggöras.

2.5.1 Digitala tvillingar inom tillverkningsindustrin

Digitala tvillingar har förändrat hur tillverkare designar, utformar, hanterar och optimerar både produkter, tillverkningssystem och tjänster (Villegas m.fl., 2025).



Figur 3: Typ av tvilling kopplat till mognadsnivåer inom tillverkningsindustrin (Villegas m.fl., 2025)

Figuren illustrerar hur digitala tvillingar tillämpas systematiskt inom tillverkningsindustrin längs två dimensioner: typ av tvilling och mognadsnivå. Tre kategorier identifieras, produkttvilling, produktionstvilling och servicetvilling, vilka tillsammans täcker hela värdekedjan från produktdesign och tillverkning till kundservice. Längs mognadsdimensionen beskrivs fem nivåer i två kategorier. Konventionella digitala tvillingar innefattar modellbaserad och uppkopplad tvilling, medan intelligenta digitala tvillingar innefattar prediktiv, föreskrivande och autonom tvilling. På den lägsta nivån fungerar tvillingen som en statisk representationsmodell, medan den på den högsta nivån självständigt optimerar, anpassar och fattar beslut utan mänsklig intervention med hjälp av AI och maskininlärning.

Tillverkningsindustrin har en central roll i det som benämns Industry 4.0, där digitala tvillingar integreras med IoT och AI för att skapa uppkopplade och i hög grad automatiserade produktionssystem (Cimino m.fl., 2019). Denna ställning, i kombination med att tekniken har sitt moderna ursprung just inom tillverkning, har gjort sektorn till en föregångare inom digital tvillingteknik.

Fordonsindustrin är ett tydligt exempel på en sektor där digitaliseringen fått genomgripande genomslag (Vinnova, 2016). Digitala tvillingar används genom hela produktlivscykeln, från simulering och testning av fordonssystem i virtuella miljöer innan fysiska prototyper byggs, till realtidsövervakning och optimering av prestanda efter marknads lansering (Piromalis & Kantaros, 2022; Liu m.fl., 2025). Samtidigt är digitala tvillingar inte motiverade för alla

produkter och processer; teknikens fulla potential förutsätter tillräcklig komplexitet i det fysiska systemet, och omfattande investeringar är inte alltid kostnadseffektiva (Liu m.fl., 2025).

2.5.2 Digitala tvillingar inom sjukvården

Digital tvillingteknik har även varit en transformerande innovation inom hälso- och sjukvården (David-Olawade m.fl., 2026). Tekniken erbjuder möjligheter för realtidssimulering, personlig medicin och prediktiv analys, vilket leder till förbättringar inom personalisering av behandlingar, riskreducering och patientengagemang. Samtidigt kvarstår utmaningar med dataintegration, etiska frågor gällande integritet samt regulatorisk osäkerhet, vilka behöver hanteras genom tvärvetenskapligt samarbete och implementeringsramverk.

2.5.2.1 Process mining

Ett illustrativt exempel på gapet mellan utformade och faktiskt utförda processer återfinns inom sjukvården, där bristande överensstämmelse mellan journalsystemets standardiserade arbetsflöde och de faktiska kliniska arbetsflödena ledde till ineffektiva arbetssteg och ökad felrisk (Rojas m.fl., 2016). Studien visar att digitala arbetsflöden är svårare att synliggöra och följa upp än fysiska, vilket understryker behovet av verktyg som kan skapa transparens i hur processer faktiskt utförs. Process mining adresserar detta genom att analysera händelseloggar från befintliga system och därigenom överbrygga gapet mellan utformade och verkliga processer.

Process mining är en disciplin som extraherar kunskap från data i befintliga informationssystem, såsom ERP- och CRM-system, för att kartlägga hur processer faktiskt utförs. Tekniken bygger på händelseloggar och möjliggör tre typer av analys: upptäckt av verkliga processmönster, kontroll av avvikelser mot fastställda riktlinjer samt förbättring av befintliga processmodeller (Rojas m.fl., 2016). Inom sjukvården har process mining visat sig användbart för att identifiera flaskhalsar, reducera väntetider och öka transparensen. En central fördel är att tekniken bygger på data som redan finns i organisationens system, vilket gör det möjligt att synliggöra verkliga arbetssätt utan att kräva ny infrastruktur.

Process mining och digitala tvillingar är komplementära teknologier som delar målet att utnyttja realtidsdata för att förbättra effektivitet och träffsäkerhet i beslut (Grobis m.fl., 2025). Faktabaserade processmodeller genererade via process mining kan dessutom ligga till grund

för "what-if"-analyser, vilket möjliggör utvärdering av hypotetiska förändringar i en kontrollerad miljö innan de implementeras i praktiken.

2.5.3 Komparativ analys och lärdomar för fastighetssektorn.

Digitala tvillingar har under senare år uppmärksammats alltmer för sin transformativa potential inom flera industribranscher (Bongomin m.fl., 2025). Många studier är dock begränsade till en sektor, en teknik eller en enskild tillämpning. Idag används digitala tvillingar bland annat inom tillverkningsindustrin, energisektorn, transport, sjukvård samt bygg- och infrastruktursektorn (Mishra m.fl., u.å.).

Internationella studier pekar på liknande hinder inom fastighetssektorn. En studie från Kina visar att digitaliseringen gått långsamt främst på grund av organisatoriska svårigheter att införa ny teknik, bristande IT-kompetens, höga kostnader och svag infrastruktur (Qian, 2023).

Trots dessa hinder erbjuder de mer mogna sektorerna flera överförbara lärdomar. Från tillverkningsindustrin framträder principen om en stegvis mognadsutveckling, där tekniken byggs ut systematiskt från enkla modeller mot mer avancerade och uppkopplade tvillingar (Villegas m.fl., 2025), samt principen att simulera före beslut, vilket gör det möjligt att flytta kostnaden för fel från genomförande till planering. Från sjukvården och process mining framträder lärdomen att värde ofta skapas genom att synliggöra hur verksamhetens processer faktiskt utförs, snarare än genom att enbart modellera det fysiska objektet (Rojas m.fl., 2016; Grobis m.fl., 2025). Gemensamt för referenssektorerna är att utvecklingen skett stegvis och varit nära kopplad till verksamhetens processer, vilket understryker att teknikens värde realiseras först när den integreras i organisationens arbetssätt.

2.6 Sammanfattning och teoretiska utgångspunkter för den empiriska studien

Litteraturen är sammantaget samstämmig i att digitala tvillingar och digital transformation har betydande potential inom fastighetssektorn. Forskningen pekar konsekvent på att de avgörande hindren sällan är tekniska utan organisatoriska, där bristande mognad, otydlig ansvarsfördelning och svårigheter att integrera ny teknik i befintliga strukturer och arbetssätt återkommer som centrala utmaningar oberoende av sektor och geografiskt sammanhang.

Samtidigt finns tydliga luckor i den befintliga forskningen. Digital transformation inom fastighetsbranschen är betydligt mindre studerad än inom exempelvis tillverkning och energi.

Forskning som direkt jämför sektorerna är nästan obefintlig, och implementering i äldre befintligt bestånd är ett område som i stort sett lämnats outforskat. Till detta kommer två motsättningar. Den första är gapet mellan potential och verklighet: litteraturen tillskriver digitala tvillingar stor transformativ förmåga, medan färre än tre av tio digitala transformationsinitiativ i praktiken lyckas. Den andra är att forskningen tenderar att fokusera på nyproduktion, trots att merparten av det svenska fastighetsbeståndet är byggt före 1990.

Det är i detta gap som studien tar sin utgångspunkt. Genom att jämföra mer digitalt mogna sektors utveckling med fastighetsbranschens situation syftar studien till att identifiera förklarande faktorer och möjliga lärdomar. Frågan är inte om digitala tvillingar fungerar tekniskt, vilket litteraturen visar att de gör, utan varför implementeringen fortfarande går långsamt i fastighetssektorn och vad som krävs för att förändra det.

3 Metod

I detta kapitel redogörs för studiens metodologiska tillvägagångssätt. Inledningsvis presenteras undersökningsstrategi och design, följt av genomförandet av litteratur- respektive intervjustudien, analysmetod, etiska överväganden samt en bedömning av studiens trovärdighet och metodkritik.

3.1 Undersökningsstrategi

Kandidatuppsatsen genomförs som en kvalitativ komparativ studie med syftet att skapa en djupgående förståelse för hur digital tvillingteknik används inom fastighetsförvaltning idag samt vilka utvecklingsmöjligheter som finns. Denna strategi valdes framför kvantitativa metoder då studien syftar till att förstå processer, arbetssätt och organisatoriska förutsättningar snarare än att mäta statistiska samband. Resultaten blir inte generaliserbara i statistisk mening men kan eventuellt vara överförbara och relevanta för liknande organisationer inom fastighetsförvaltning.

3.2 Undersökningsdesign

Studiens design utgörs av en komparativ studie där svensk hyresfastighetsförvaltning ställs i relation till tillverkningsindustrin som en tekniskt mogen referenspunkt. Genom att spegla fastighetsbranschens utmaningar mot en sektor som redan genomgått en omfattande digital transformation möjliggörs en djupgående analys av skillnader i arbetsprocesser, implementeringsförutsättningar och användningsmönster. Designen fokuserar på en samtida digital transformation i dess verkliga kontext, vilket möjliggör förståelse för hur digitala tvillingar faktiskt används och upplevs i praktiken samt vilka organisatoriska och tekniska förutsättningar som påverkar utvecklingen.

3.3 Undersökningsmetod

För att besvara studiens frågeställningar kombineras semistrukturerade intervjuer med en litteraturstudie. Arbetet inleds med en litteraturstudie för att kartlägga hur andra aktörer använder digitala tvillingar samt för att identifiera lärdomar från tillverkningsindustrin. Litteraturstudien omfattar både tidigare forskning och aktuella branschrappporter, vilket ger en teoretisk och praktisk ram för studien. Därefter genomförs semistrukturerade intervjuer med yrkesverksamma inom olika roller, däribland IT-chefer från fastighetsbolag, förvaltning, leverantörer samt en forskare med fokus på digitala tvillingar inom samhällsbyggnad. Genom

att använda en semistrukturerad form kan intervjuerna anpassas efter deltagarnas specifika yrkesroller samtidigt som gemensamma teman bibehålls för att möjliggöra jämförelser mellan sektorerna. Urvalet av intervjupersoner är målstyrt (Denscombe, 2017), vilket innebär att deltagarna väljs utifrån relevanta erfarenheter och roller snarare än slumpmässigt. Detta ger insiktsfulla och syftesrelevanta data, men är inte representativt för en större population. Informationen från intervjuerna används för att identifiera nuvarande tillämpningar och utmaningar, medan litteraturstudien bidrar med perspektiv på hur tekniken kan utvecklas framåt. Genom att sammanföra litteraturstudien med empiri kan studien landa i välgrundade slutsatser om de förutsättningar och faktorer som formar användningen av digitala tvillingar.

3.4 Litteraturstudiens genomförande

Litteraturstudien genomfördes genom ScienceDirect, Researchgate, Google Scholar, Scopus samt ScopusAI. Sökord inkluderade:

- ("digital twin" OR "digital twins" OR "digital tvilling" OR "virtual model")
- ("real estate" OR "property" OR "realty" OR "estate management" OR "fastighetsförvaltning" OR "hyresrätt" OR "kommersiell förvaltning" OR "asset management")
- ("data analytics" OR "big data" OR "predictive analytics" OR "machine learning" OR "prediktiv analys")
- ("tillverkningsindustrin" OR "manufacturing" OR "production" OR "fabrication" OR "industrial")
- ("IoT" OR "internet of things" OR "sensors" OR "data integration" OR "monitoring" OR "analytics")

Urvalet av källor baserades på källornas relevans för studiens syfte, vetenskaplig kvalitet samt citeringsfrekvens. För att hitta källor lästes abstracts för att sedan läsa artiklarna. Sökningarna avgränsades tidsmässigt till artiklar publicerade från 2015 och framåt för att säkerställa aktualitet, med undantag för centrala teoretiska källor som inkluderats oavsett publiceringsår. Dessutom används även myndighetsdokument från exempelvis Boverket och Digg samt böcker av exempelvis Denscombe (2017) och Pinto (2020).

Sammantaget granskades cirka 100-150 artiklar genom att läsa abstracts, varav ett urval lästes i sin helhet och slutligen användes som referenser i studien.

3.5 Intervjustudiens genomförande

Urvalet av intervjupersoner baserades på relevans för studiens syfte. Eftersom digitalisering är en IT-relaterad fråga intervjuades IT-chefer från två fastighetsbolag samt en dataanalysansvarig. För att förstå leverantörernas perspektiv på branschens mognadsnivå intervjuades tre leverantörer där två även levererade produkter till andra branscher. En förvaltare intervjuades för att undersöka hur nya processer, system och nya arbetsmetoder förmedlas genom fastighetsföretag samt en representant från ett nationellt forskningscenter för digitala tvillingar inom samhällsbyggnadsteknik.

De semistrukturerade intervjuerna hade olika intervjuguider anpassade till de olika rollerna men med övergripande samma teman: Organisation, implementering, mognad och framtid. Majoriteten av alla intervjuer genomfördes fysiskt med undantag för två på grund av geografiska begränsningar. Alla intervjuer varade mellan cirka 30 och 100 minuter och spelades in med godkännande av intervjupersonerna. Transkribering genomfördes med stöd av Stena Fastigheters interna AI-verktyg Sia. Transkripten kontrollerades manuellt av studiens författare för att säkerställa korrekthet. En pilotintervju genomfördes med IT-chefen på Stena Fastigheter, vilket möjliggjorde justering och förfining av intervjuguiden inför resterande intervjuer. Detta valdes då IT-chefen på Stena Fastigheter även är extern handledare för detta kandidatarbete.

Intervjuguiderna utformades enligt principerna för semistrukturerade forskningsintervjuer och förankrades teoretiskt i de teman som identifierats i litteraturstudien. Samtliga intervjuer transkriberades och behandlades enligt samma analysförfarande för att möjliggöra jämförelser mellan respondenterna.

<i>Beteckning</i>	<i>Roll</i>	<i>Företag</i>	<i>Längd (min)</i>
R1	IT-chef	Stena Fastigheter	60
R2	Data/analysansvarig	Stena Fastigheter	53
R3	IT- och innovationschef	Wallenstam	56
R4	Förvaltare	Stena Fastigheter	43
R5	Direktör / Föreståndare	Digital Twin Cities Centre	32
R6	Grundare	Digital tvilling AB	83
R7	Försäljningschef + systemdesigner	Zynka	101
R8	Försäljningschef + Affärschef	Twinfinity	102

Tabell 1: Översikt över intervjurespondenter; Beteckning, Roll, Företag, Längd på intervju, samtliga respondenter.

3.6 Analysmetod

Det empiriska materialet analyserades med tematisk analys, bestående av sex steg, där övergripande teman i respondenternas svar identifierades (Braun & Clarke 2006). Detta möjliggjorde en förståelse för gemensamma problem, hinder, incitament och drivkrafter, samt en övergripande bild av hur branschen i nuläget förhåller sig till digitalisering och digitala tvillingsar och hur långt den kommit i sin digitala mognad.

3.7 Etiska överväganden

Respondenter informerades om syfte, akademiska sammanhang och beräknad längd.

Samtyckeskravet uppfylldes genom ett inspelat muntligt samtycke i samband med intervjun samt informerades om att deltagande var frivilligt och att de kunde avbryta, avstå frågor samt dra tillbaka sitt samtycke när som helst. Studien följer den rådande dataskyddsförordningen (GDPR).

Respondenter har anonymiserats i studien för att skydda individerna då anonymiseringen inte påverkar möjligheten att uppfylla studiens syfte.

3.8 Studiens trovärdighet

Trovärdigheten av studien har stärkts genom att utgå från flera olika perspektiv med respondentgrupper som representerar olika roller och positioner i näringslivet. Genom att kombinera intervjurespondenter från fastighetsbolag, leverantörer och forskare skapas en

bredare förståelse för hur digitala tvillingar tillämpas i praktiken. Litteraturstudien ger en teoretisk referenspunkt till den empiriska insamlingen.

Överförbarheten av studien är inte statistiskt generaliserbar men de kvalitativa aspekterna av studien öppnar möjligheten för läsaren att bedöma resultatens relevans för andra organisationer.

Pålitlighet har stärkts genom en utvecklad metod, metodanalys samt metodkritik för att transparent visa de begränsningar studien innehåller.

Studiens konfirmerbarhet stärks genom att resultatavsnittet utgår från direktcitrat av respondenterna. Citaten fungerar som empiriskt underlag för de tematiska tolkningar och slutsatser som dras, och gör det möjligt att härleda dessa till vad respondenterna faktiskt sagt. Resultatdelen redovisar därför inte författarnas egna uppfattningar, utan dessa presenteras konsekvent till diskussionen, vilket minskar risken att förförståelse färgar redovisningen av empirin.

3.9 Användning av AI

Generativ AI har använts som hjälpmedel under arbetet med detta examensarbete. Intervjuer transkriberades med stöd av AI-verktyget Sia, med efterföljande manuell kontroll. Generativ AI har använts för att framställa de bilder som markerats som AI-genererade, däribland omslaget och Figur 1, samt som språkligt stöd vid korrekturläsning och bearbetning av text. Allt analytiskt innehåll, samtliga tolkningar och slutsatser är författarnas egna.

3.10 Metodkritik

Studien innehåller flera metodologiska begränsningar. Valet av den kvalitativa ansatsen med åtta respondenter gör att studien inte är statistiskt generaliserbar. Detta innebär att resultatet av studien inte kan anses stämma överens med hur andra bolag inom branschen arbetar.

Vidare utgör mängden företag en begränsning då studien endast tittar på hur två fastighetsbolag arbetar samt endast hur ett företags implementering av nya tekniker ser ut i olika delar av företaget. Detta betyder att studien inte kan påvisa hur alla företag inom branschen ska jobba internt för att implementera ny teknik men kan ses som en fingervisning i rätt riktning. Fastighetsföretagen som intervjuades är även två av de större aktörerna inom branschen vilket innebär att studien inte kan påvisa att detta även stämmer för mindre aktörer.

Den största begränsningen i studien är att det inte finns någon respondent från tillverkningssektorn. Detta innebär att tillverkningssektorn endast kan jämföras med hjälp av litteraturstudien vilket begränsar den pragmatiska inblicken från sektorn.

Vidare har en av respondenterna även agerat extern handledare för studien. Detta kan utgöra risk i form av vinkling för att presentera en bättre version av företaget än vad hur det faktiskt är. Detta har hanterats genom att jämföra respondentens svar med de andra respondenternas svar för att få en säkrare bild.

Slutligen har AI-baserad transkribering används till alla intervjuer. Detta medför risk för felaktig transkribering vilket har tagits hand om genom manuell genomgång av alla intervjuer för att säkerställa att svaren stämmer.

4 Empiriskt resultat

I detta kapitel redovisas resultatet från de åtta intervjuerna. Materialet är tematiskt strukturerat utifrån de teman som framträdde i analysen: definition och förståelse, nuvarande tillämpning, drivkrafter, hinder, värderealisering, organisation, tillverkningsindustrin som referens samt framtidsstro.

4.1 Definition och förståelse av digitala tvillingar

Respondent	Definition av digital tvilling
R1	En digital tvilling är en digital infrastruktur som gör att vi själva ska kunna förstå och se saker i fastigheterna som vi inte gör idag, och vara grunden till att AI ska förstå våra fastigheter.
R2	En digital tvilling är en digital modell som beskriver tillståndet i den fysiska fastigheten, baserad på sensordata ("digital shadow"), och som i nästa steg även kan skicka styrsignaler tillbaka så ändringar i modellen påverkar verkligheten (dubbelriktad tvilling).
R3	En digital tvilling är i första hand all objektinformation i CRM-systemet, inte ritningsmodellen. Ser digitala tvilling som informationen om lokaler och lägenheter (storlek, utrustning, uppvärmning, fönster, material osv.) som finns i CRM, snarare än en BIM-/ritningsbaserad modell.
R4	Respondenten hade inte hört begreppet använt i sitt arbete före intervjun.
R5	En digital tvilling är en tvåvägskopplad realtidsmodell av en stad, som används för simulering och beslutsstöd.

R6	En digital tvilling är en digital representation av verksamhetens flöden och beslut, inte en BIM modell av byggnaden, för att ge agerbart beslutsunderlag för hela värdekedjan. Digitala tvillingar skapar digitala representationer av den information som verksamheterna har om sin verksamhet.
R7	Anser att det finns ”megamånga definitioner” i praktiken, och väljer ofta att tala om informationsnav/informationshub då de är medvetna om begreppsförvirringen. Talar om en plattform för att samla, strukturera och visualisera data över fastighetsbeståndet, snarare än att låsa sig vid ordet ”digital tvilling” som många ändå tolkar olika.
R8	Den grundliga definitionen är egentligen att det är en virtuell spegling av fysisk information och att den kan ta emot data av den fysiska påverkanskommunikationen. Ser det som en digital tillgänglighet som kan representeras som geometrisk data men också som en datamodell eller graf.

Tabell 2. Respondenternas definitioner av digital tvilling.

Definitionen av begreppet digital tvilling skiljer sig avsevärt från respondent till respondent, där en del respondenter menar att det inte finns en riktig definition utan att det kan handla om flera olika saker. Många av respondenterna menar att de sällan använder begreppet eftersom det leder till förvirring snarare än förståelse, vilket märktes speciellt hos leverantörerna. Ett exempel på detta är begreppet informationshub som R7, försäljningschef på Zynka använder istället för att prata specifikt om digitala tvillingar på grund av begreppsförvirringen.

Flera respondenter anser däremot att det finns en grundlig definition men att de börjat röra sig bort ifrån den. En respondent som har en fast definition är R5, föreståndare för Digital Twin Cities Centre vid Chalmers som menar att:

”Det räcker inte att det är en tvillingmodell för att det ska vara en digital tvilling. En digital tvilling är en modell av ett verkligt system som speglar den fysiska eller den verkliga staden i realtid. Det finns en koppling både från vad som händer i den fysiska verkligheten till den digitala tvillingen och vad som händer i den digitala tvillingen tillbaka till det fysiska. Det finns en tvåvägskoppling”.

R5 belyser att det är ett krav att man ska kunna simulera händelser och ändringar med hjälp av tvillingen samt att realtidsdata ska kunna speglas i den digitala tvillingen. Detta är det mest utstickande svaret av respondenterna. Andra respondenter har en mer pragmatisk syn på definitionen. R3, IT- och innovationschef på Wallenstam menar att begreppet digitala tvillingar är en definitionsfråga och beror på sammanhang och vad man söker. R3 fortsätter med att berätta om när kunder ringer och undrar någonting används Wallenstams CRM-system för att hitta svaren utan att titta på ritningar. Vidare menar R3 att deras digitala tvilling

i första hand är informationen i deras CRM system och att få personer utanför avdelningen R3 jobbar på skulle kunna definiera begreppet.

Likt R3 menar R1, IT-chef på Stena Fastigheter att det är en tolkningsfråga. Däremot menar R1 att digitala tvillingar är en slags digital infrastruktur för att kunna förstå och se saker som de annars inte hade kunnat se och jämför det med nätverk till fastigheter. R1 menar att den ska kunna samla och visa vad saker är i det fysiska objektet för att kunna ta bättre beslut.

R2, Data/analysansvarig från Stena Fastigheter berättar att de inte heller har en gemensam definition och menar att fastighetsbranschen överlag inte har någon definition. R2 menar att en digital tvilling är en digital modell som beskriver det fysiska objektets tillstånd. Hos R2 läggs större tyngd på vad digitala tvillingen kan göra och menar att dataflödesriktningen är central. "Jag brukar prata om riktningen. Ibland pratar man om enkelriktade och dubbelriktade tvillingar. Digital shadow och digital twin." R2 berättar om mognadsstegen för att uppnå en dubbelriktad tvilling.

"Steg ett kanske är att sensorer utifrån fastigheterna strömmar in till en central modell. Som gör att man kan visa en central modell hur verkligheten beter sig här ute. Nästa steg är ju att man börjar uppdatera saker i modellen och så börjar det hända saker i verkligheten. Då kanske man får en dubbelriktad tvilling som jag skulle säga. Och där är vi inte än."

Slutligen menar R2 att det även är viktigt att titta på kvaliteten av data och inte enbart själva riktningen och menar att högupplöst data och lågupplöst data är viktigt om man pratar digital tvilling mognadsgrad.

Svaren från respondenterna från fastighetsbranschen skiljer sig från leverantörernas svar. Där R7, försäljningschef på Zynka berättar att de rör sig bort från begreppet digital tvilling för att många inte vet innebörden av begreppet. R7 berättar att de oftare använder begrepp som informationshub och informationsnav för att få kunderna att förstå, och fortsätter med att berätta att kommunikationen är A och O för dem och att det därför blir riskabelt att använda begrepp som har flertalet definitioner.

Detta går i linje med vad R8, försäljningschef hos leverantören Twinfinity säger, som menar att de ursprungligen använde definitionen av Grieves men har fasat ut det på grund av att de anser att begreppet har blivit utslitet eftersom det finns en förvirring kopplat till det. R8 berättar likt R3 att traditionella fastighetssystem idag kan anses vara digitala tvillingar och

menar att digitala tvillingar kan vara allt från en datamodell till en graf över en byggnadsstruktur.

R6, VD för Digital Tvilling AB:s definition skiljer sig från övriga respondenter genom att placera tvillingen till verksamhetens flöden snarare än till en fysisk byggnad eller dess datarepresentation.

"När vi pratar om Digital Tvilling så pratar vi på Digital Tvilling om verksamheten. Alltså det som sker i verksamheten kanske snarare än huset som verksamheten finns i."

Respondenternas definitioner varierar alltså avsevärt i såväl strikthet som i fokus, från R5:s tvåvägskopplade realtidsmodell till R6:s verksamhetsorienterade representation. Begreppet digital tvilling fyller således olika funktioner beroende på respondentens bakgrund.

4.2 Nuvarande tillämpning inom hyresfastighetsförvaltning

Den nuvarande tillämpningen av digitala verktyg inom hyresfastighetsförvaltningen varierar betydligt mellan studiens respondenter. Båda fastighetsbolagen som intervjuades, Stena Fastigheter och Wallenstam, befinner sig i ett aktivt digitaliseringsarbete men har gjort olika vägval, där Stena Fastigheter har implementerat AI-styrd fjärrvärmereglering medan Wallenstam för närvarande håller på att implementera ett digitalt städkontrollverktyg. Leverantörerna i studien, Zynka, Twinfinity och Digital Tvilling AB, täcker olika områden inom branschen, med allt från projektfas och masterdata till verksamhetsanalys. Avsnittet behandlar först fastighetsbolagens och därefter leverantörernas implementering.

Stena Fastigheter har under de senaste åren arbetat med flera olika digitaliseringsprojekt där AI-styrd fjärrvärmereglering har varit den största. R2, data- och analysansvarig på Stena Fastigheter beskriver lösningen:

"Det är en machine learning-modell per byggnad egentligen kan man säga. [...] Det är lokal styrning och så har vi en AI-modell som kör molnet och så skickar den överstyrningssignal till den lokala styrningen."

R2 berättar att modellen är i drift på hela beståndet och att den prognostiserar utifrån fastighetens värmetröghet och väderdata från väderleksrapporter för att optimera fjärrvärmeförbrukningen. R1, IT-chef på samma bolag, beskriver styrningen som ett konkret exempel på vad AI redan gör för verksamheten idag och menar att den över tid genererar betydande besparingar.

Utöver värmestyrningen har Stena Fastigheter utvecklat en intern AI-tjänst, Sia, som används av alla medarbetare i organisationen. Sia innehåller enligt R1 information om det mesta i företaget och är användbart i allt från möten till sammanställningar och dokumenthantering. R4, förvaltare på Stena Fastigheter, beskriver att tjänsten används dagligen i förvaltningsarbetet.

När det kommer till digitala tvillingar har Stena Fastigheter genomfört pilotprojekt på vissa fastigheter, men som enligt R2 har pausats flera gånger. R1 utvecklar resonemanget och beskriver att pilotprojekten med de digitala tvillingarna har testats för ritningshantering, byggnadsförståelse och ronderingar men har pausats på grund av implementering av ett nytt affärssystem:

"Vi har provat. [...] Vi gör inte vi det längre. Vi bromsade den och det gjorde vi lite grann med tanke på att vi hade ett nytt affärssystem in. [...] Vi bromsar den för att se hur kan det här alina med vårt affärssystem? Vi kan bygga ihop de här sakerna."

Wallenstam har enligt R3, IT- och innovationschef, arbetat med digitalisering under en längre tid och beskriver flera olika digitala system och tjänster, varav den mest aktuella är implementeringen av Städkollen, en AI-baserad lösning för städ- och avflyttningsbesiktning. R3 beskriver verktyget som:

"Städkollen som vi går in i nu är utvecklat av ett bolag som heter Nestik [...] Idag så har vi inte koll på avflyttningsstäd, och med den här lösningen så... När du har städat får du instruktioner om att du måste ta foton på hur du har städat och så gör en AI en analys av hur bra du har städat och så får du godkänt eller inte godkänt."

R3 fortsätter med att detta arbetet har pågått parallellt med implementeringen av ett nytt CRM-system, vilket har öppnat upp för AI-funktioner i affärssystemet:

"Vi har precis uppgraderat vårt CRM-system som är Microsoft Dynamics CRM. I Dynamics CRM släpps det supermycket co-pilot-funktioner, alltså AI-funktioner som kanske inte riktigt sker i ett mer traditionellt typ av fastighetssystem."

Vidare berättar R3 att de även innehar ett avancerat värmestyrningssystem men som fortfarande bygger på erfarna styr- och reglerpersonal och inte AI eftersom de anser att det inte behövs:

"Vi har ju väldigt avancerade kontrollsysten i fastigheterna. [...] Det finns möjlighet att slå på AI-funktionalitet men generellt, det som vi har sett är att de som gör styrningen av fastigheterna är så pass duktiga att det ger väldigt väldigt lite nytta.

Detta skiljer sig från Stena Fastigheter, där AI-styrningen av värme har utgjort en av de tydligaste realiserade digitala satsningarna. När det gäller digitala tvillingar har Wallenstam enligt R3 fört det som en diskussionsfråga men aldrig en beslutsfråga. R3 menar att frågan kommer upp regelbundet men att bolaget ännu inte ser tillräcklig nytta för att motivera implementering.

De leverantörer som har intervjuats tar upp olika perspektiv och har sinsemellan skilda strategiska positioner. R7, försäljningschef på Zynka menar att de är en slags helhetsleverantör som täcker projekteringsfasen fram till förvaltningsfasen och beskriver deras affärsmodell som en treenighet:

"Vi tror på en treenighet. Vi tror att det är tre delar som skapar det verkliga resultatet [...] Det första är kompetens [...] Sen är det processen. [...] Och den sista delen är då systemen."

R7 beskriver att de bland annat erbjuder 3D-skanning av befintliga byggnader genom punktmolnteknik, vilket ger precisa 3D-modeller som främst används vid renoverings- och ombyggnadsprojekt:

"Då gör vi det med en 3D-skanning med punktmål [punktmoln] så att vi får väldigt exakt uppdaterade underlag. Det vill säga att man jobbar med rätt underlag i projektet. Därefter så kan vi använda den här 3D-miljön. Det blir som en Google Street View inomhus."

Zynkas största referensfall är Akademiska Hus "A Working Lab" vid Chalmers, där fastighetsägaren enligt R7 investerat omkring en kvarts miljard kronor i sensorer. R7 betonar dock att en sådan satsning är ovanlig och att ambitionsnivån varierar kraftigt beroende på fastighetsägare och fastighetens ändamål.

Twinfinity, representerat av R8, beskriver en delvis annan positionering på marknaden. R8 framhåller att Twinfinity strävar efter att utgöra en masterdatastruktur, alltså data för den byggda miljön, snarare än att vara ett förvaltningssystem. En av deras tjänster är SimBuilding, där befintliga 2D-ritningar transformeras till 3D-modeller för att etablera en gemensam digital

sanning om beståndet. R8 beskriver att många fastigheter idag har felaktiga kvadratmetermätt, vilket leder till förlorade intäkter för fastighetsägarna:

"Det blir sällan mindre än 5 procent på totala uthyrda ytan. Ett fastighetsbolag som har en miljon kvadratmeter, om man helt plötsligt ökar det med 5 procent så är det ganska stor skillnad."

R8 beskriver även att tjänsten SimBuilding kvadratmeterpris är relativt låg:

"Det är något som kanske kostar mellan 3-5 kronor per kvadrat beroende på storlek per beställningstillfälle. Och som då bara får ett delbart format, en 3D-modell, den etablerade sanningen."

Digital Tvilling AB har en något annan position på marknaden jämfört med Zynka och Twinfinity. Företagets erbjudande är inte specifikt bundet till fastighetsbranschen, utan appliceras på en bred uppsättning verksamheter. R6 beskriver att bolaget bland annat arbetar med LKAB:s logistikflöde från gruva till hamn, fastighetsförvaltning och norsk laxodling, och att arbetet är tvärssektoriellt eftersom de utgår från processer snarare än digitala modeller av verkliga objekt. För fastighetsbranschen menar R6 att deras digitala tvilling kan appliceras på flöden inom projektering, byggnation, förvaltning och avveckling, men beskriver att bolaget historiskt har valt bort fastighetsbranschen som kundsegment:

"Vi har ju valt aktivt under några år att inte arbeta med fastighetsbolag. Därför att det har varit alldeles mycket glorifierade BIM-modeller. Vi tror ju inte att det ger någon verksamhetsnytta."

Sammantaget visar respondenternas beskrivningar att fastighetsbolagen i studien befinner sig i olika faser och riktningar av digital mognad. Stena Fastigheter har implementerat AI-styrd fjärrvärme och en intern AI-chattbot, men har pausat satsningarna på digitala tvillingar. Wallenstam har genomfört en CRM-uppgradering samt infört AI-styrda verktyg som Städollen, men avvaktar digitala tvillingbaserade lösningar tills de ser värdet i dem. Leverantörerna erbjuder lösningar med olika ingångar: projekt och 3D-skanning hos Zynka, masterdata och ytetablering hos Twinfinity samt flöden och processer hos Digital Tvilling AB. Samtliga leverantörer beskrev att tillämpningen hos kunderna varierade från enskilda piloter till strategiska investeringar, som Akademiska hus sensornät eller LKAB:s flöden.

4.3 Drivkrafter och incitament

De ekonomiska drivkrafterna framstår som de mest framträdande, särskilt i fråga om energirelaterade satsningar. R2, data- och analysansvarig på Stena Fastigheter, beskriver att den primära drivkraften för bolagets implementering av AI-styrd fjärrvärme har varit ekonomisk, något som även R1, IT-chef på samma bolag, bekräftar. R1 menar att energi utgör fastighetsbolagets enskilt största utgiftspost och att även hållbarhetsaspekten väger in, eftersom bolaget aktivt arbetar med att minska sina klimatavtryck. R1 beskriver att den AI-baserade styrningen lär sig varje byggnads värmetröghet och optimerar uppvärmningen successivt, och att de små marginella besparingarna får betydande avtryck när de ackumuleras: "det här lite på väldigt många fastigheter över väldigt lång tid blir mycket pengar". Den ekonomiska logiken bygger alltså inte på en enskild stor besparing, utan på en kontinuerlig effektivisering över hela beståndet.

De operativa drivkrafterna knyts i intervjuerna till kvalitet, tidseffektivitet och kundupplevelse. Ett tydligt exempel framkommer i samband med Stena Fastigheters fjärrvärmestyrning, där en oväntad effekt av implementeringen var att antalet temperaturrelaterade klagomål minskade. R2 förklarar detta med en psykologisk faktor: en jämnare inomhustemperatur uppfattas som mer behaglig än en temperatur som tidvis är högre men varierar mer över tid. Satsningen gav på så sätt både ekonomisk och kvalitetsmässig effekt. Liknande resonemang förs av R3, IT- och innovationschef på Wallenstam, som framhåller att operativa drivkrafter kopplade till tidsbesparingar och kvalitet väger tungt, och att alla satsningar inte behöver vara lönsamma i strikt mening. R3 beskriver att investeringen i Städ-kollen motiverades av flera värden samtidigt, däribland att undvika att bolaget uppfattas som oprofessionellt när det i nuläget saknar kontroll över avflyttningsstädningen. Både R1 och R3 betonar samtidigt att denna typ av kvalitativa värden är svårare att kvantifiera än rena kostnadsbesparingar, vilket gör dem mer komplicerade att väga in i ett investeringsbeslut.

De strategiska drivkrafterna handlar i högre grad om långsiktig positionering än om mätbar avkastning på kort sikt. R1 beskriver digitala tvillingar som en infrastrukturinvestering snarare än en punktvis optimering, och jämför med utbyggnaden av fibernät i fastighetsbeståndet: ett kostsamt projekt som inte gav avkastning direkt, men som över tid betalat sig flera gånger om. R1 framhåller att en vilja att experimentera och våga misslyckas är en del av drivkraften, och menar att bolaget snarare misslyckas för sällan än för ofta, eftersom uteblivna försök innebär en risk att gå miste om värdefulla möjligheter. R2 beskriver

samtidigt att strategiska satsningar måste motiveras genom en kombination av ekonomisk kalkyl och förankrad magkänsla, och att den egentliga svårigheten ligger i att få ledningen att dela den magkänslan. Slutligen lyfter R1 att inspiration från andra branscher fungerar som en drivkraft i sig, där bolagets tidiga AI-arbete tog avstamp i ett koncept om "självkörande fastigheter", inspirerat av hur fordonsindustrin arbetat med AI och digitala tvillingar.

Sammantaget framträder drivkrafterna som en kombination av ekonomi, operativ förbättring och strategisk positionering. Ekonomiska argument används främst för satsningar med tydligt mätbar nytta, exempelvis AI-styrd fjärrvärme, medan strategiska argument knyts till mer långsiktiga infrastrukturinvesteringar där nyttan ligger längre fram i tiden. De operativa drivkrafterna kopplas genomgående till kvalitet och personalrelaterade frågor, såsom tidsbesparing och kundnöjdhet.

4.4 Hinder och utmaningar

Utifrån respondenternas svar handlar fastighetssektorns hinder för en bredare implementering av digitala tvillingar och digitala lösningar om strukturella, tekniska och organisatoriska faktorer. Strukturella hinder rör marknadsförhållanden och regelverk, tekniska hinder rör datakvalitet, sensorbas och systemmognad, och organisatoriska hinder rör silos, kompetens och förändringsförmåga.

Ett strukturellt hinder som lyfts av både Stena Fastigheter och Wallenstam är att hyresregleringen begränsar utrymmet för digitala satsningar i bostadsbeståndet. R2 framhåller att bostadshyror inte är marknadsprissatta, utan förhandlas fram mellan fastighetsägaren och hyresgästföreningen, vilket innebär lägre intäkter än vad ett marknadsläge skulle ge. R3 instämmer och beskriver att bostadssidan förändrats förhållandevis lite, eftersom en förbättring som berör hyresgästen ändå inte kan omsättas i intäkt; bolagen kan inte ta separat betalt för att ha digitaliserat något i fastigheten. R2 utvecklar konsekvensen och menar att den lägre intäktsnivån krymper marginalerna och därmed investeringsutrymmet, särskilt i attraktiva lägen där bostäderna inte är marknadsprissatta. Båda respondenterna framhåller att förutsättningarna ser annorlunda ut i det kommersiella beståndet, där hyresgäst och fastighetsägare själva kan förhandla om prissättning och digitala tillval.

Ett relaterat strukturellt hinder rör transaktionsmarknadens värdesättning av data. R1 framhåller att en fastighets marknadsvärde idag inte påverkas av hur väl den är dokumenterad,

och menar att detta behöver förändras för att skapa incitament till mer djupgående datainsamling. R1 liknar det vid en servicebok för en bil: information om hur fastigheten sköts över tid borde följa med och påverka värderingen vid en försäljning, men gör det ännu inte. Bilden bekräftas av R8, försäljningschef på Twinfinity, som beskriver att branschen ännu inte värderar informationsstruktur, trots att köpare lägger ned betydande arbete på att granska fastighetsinformation vid förvärv.

R8 menar vidare att fastighetsbranschen är strukturellt långsam av historiska skäl: den har haft hög avkastning, vilket gjort att småutgifter och budgetöverskridanden haft liten betydelse och kunnat justeras i efterhand. R7, försäljningschef på Zynka, betonar i stället att branschens långsamma utveckling beror på dess långa tidshorisont: "Det tar en längre livslängd. Så omsättningshastigheten är inte lika hög som en konsumentprodukt."

Bland de tekniska hindren beskriver R2 en kvalitativ skillnad i sensorbas mellan bostads- och kommersiellt bestånd. I typiska hyresfastigheter sitter omkring 10–15 sensorer per fastighet som styr värmen för hela byggnaden, vilket gör det omöjligt att reglera exempelvis värme på lägenhetsnivå. Detta står i stark kontrast till kommersiella fastigheter, där ventilationssystem kan ha uppemot 5 000 till 10 000 sensorer per fastighet. Skillnaden är dock inte enbart ekonomisk; enligt R2 är en tätare sensorbas i bostäder även integritetskänslig: "Då anses det känsligt integritetsmässigt att mäta om det befinner sig folk i lägenheten överhuvudtaget."

Datakvalitet och dokumentation beskrivs som en begränsande faktor i digitaliseringsarbetet. R4, förvaltare på Stena Fastigheter, framhåller att informationen historiskt varit bristfällig och inte alltid stämmer överens med verkligheten, samt att förvaltningsarbetet kräver flera olika system och arbetssätt parallellt. R4 lyfter särskilt att ritningar inte alltid stämmer med de faktiska förhållandena, och att dokumentationen behövt mer omsorg över tid. Detta bekräftas av R8, som beskriver stor variation i dokumentationen mellan bolag: "Vi har kunder idag som har ritningar i BIM-modellen på hela beståndet. De tycker det är tipptopp. Vi har andra kunder som har det på delar av beståndet. Vi har kunder som inte har det överhuvudtaget."

Samtidigt lyfter R5, föreståndare för Digital Twin Cities Centre, teknikens systemmognad. R5 menar att tekniken för digitala tvillingar i princip existerar, men ännu inte är tillräckligt mogen för storskaligt kommersiellt bruk. För att kunna implementeras måste den vara "good enough" och fungera utan problem hos användaren, vilket den inte gör än. R5 jämför med mobiltelefonen, som alltid fungerar, medan digitala tvillingar främst fungerar i en demomiljö.

Det mest återkommande hindret i intervjuerna är det organisatoriska. R6 introducerar begreppet organisatoriska mellanrum, hämtat från Mats Tyrstrup, och menar att många kundorganisationer saknar en roll med ansvar för att optimera verksamheten som helhet, eftersom ansvaret är uppdelat i funktionssilos. R3 framhåller i stället att den största utmaningen är att få anställda att faktiskt använda de lösningar som implementeras, eftersom medarbetare generellt har svårt att börja arbeta på ett nytt sätt snarare än att fortsätta som de alltid gjort. R7 förmedlar en liknande syn och menar att den största bromsen för implementeringen av deras produkt är människan.

R2 beskriver ett organisatoriskt hinder kopplat till investeringslogiken, som bolagen fastnar i en cirkulär logik som liknar ett moment 22:

"Dessutom är det moment 22. Eftersom det inte finns några bra business case så satsar man inte på sensorer. Eftersom det inte finns sensorer så kan man inte ta fram några bra business case. Det är svårt att börja från båda hållen."

Sammantaget är hindren inte primärt tekniska, utan strukturella och organisatoriska. De strukturella hindren ligger utanför enskilda bolags kontroll och kräver marknadsförändring avseende hyresreglering och värderingen av fastighetsinformation. De tekniska hindren är fortsatt reella men beskrivs som lösbara över tid, även om kravet att tekniken alltid måste fungera kvarstår innan den kan tillämpas på en bredare marknad. De organisatoriska hindren framstår som de mest tröga, eftersom de bygger på etablerade arbetssätt.

4.5 Värderealisering: case och affärslogik

Detta avsnitt redovisar de konkreta case som respondenterna lyfter fram som exempel på realiserad nytta. Casen behandlas tematiskt utifrån bolagens olika investeringar: AI-styrd värmereglering, Städ-kollen, transaktionsvärde, sensorinvestering och verksamhetsflöden. Även respondenternas beskrivningar av hur affärs-case byggs upp och följs upp redovisas.

AI-styrd fjärrvärme hos Stena Fastigheter är det mest centrala caset hos bolaget. R2 beskriver att investeringens primära syfte var att sänka uppvärmningskostnaderna, eftersom energi är bolagets största utgift, medan det sekundära målet var hållbarhet genom minskad energianvändning. Lösningen lär sig fastighetens värmetröghet och prognostiserar utifrån väderdata för att värma med precis det som behövs. R1 menar att detta inte utgör några större besparingar per fastighet, men att det över hela beståndet och över längre tid blir en betydande

besparing. Ett oväntat positivt utfall var att kundnöjdheten ökade: med mindre dalar och toppar i temperaturen inkom färre klagomål på att det var för kallt eller för varmt. R2 framhåller samtidigt att investeringar generellt inte följs upp, men att energi är ett av få områden som granskas i detalj.

R3 menar att Wallenstams pilot för AI-baserad städbesiktning kommer att tillföra flera värden, både tidsbesparingar och en stärkt professionell bild, genom att säkerställa att lägenheter är städade när nya hyresgäster flyttar in. R3 framhåller att den realiserade nyttan är svår att kvantifiera och inte enbart ekonomisk, samt att tidsbesparingarna inte ska innebära personalminskning utan snarare en omfördelning av tid.

R8 framhåller att Twinfinity nyligen utvecklat en bruksvärdesvärdering åt MKB i Malmö, ett bolag som tidigare arbetat med schablonberäkningar. Lösningen innebär att skick, utrustning och datum dokumenteras systematiskt. Detta var ett av få direkt intäktsrelaterade case som beskrivs på bostadssidan.

Sensorinvestering hos Akademiska Hus lyfts fram som ett extremfall av R7 som menar att de lå 250 miljoner kronor i sensorinvestering. Skillnaden här är att detta inte är hyresfastighet utan kommersiell fastighet. Motivet är optimering av lokalanvändning och inte värmestyrningen och genomfördes som pilot. R7 beskriver det som: *"Det har de gjort utifrån sitt case och det som driver deras verksamhet, det vill säga lärosätena börjar förstå hur man nyttjar sina ytor. Det gör att man kan disponera om befintligt bestånd istället för att bygga nytt hela tiden."*

R6, VD för Digital Tvilling AB beskriver en annan typ av tvilling och kallar det för verksamhetstvilling. Digital Tvilling AB har arbetat fram en verksamhetstvilling för LKAB:s logistikflöde som synliggjorde suboptimering som var osynlig i traditionella ekonomistyrningssystem. R6 beskriver att de har kunnat optimera antalet lokförare, någonting som inte tidigare setts eftersom verksamheten inte har kopplat samman kostnadsställena (ex. gruvan, hamnen) och kunnat spara ca 5 till 10 miljoner kronor per år på lokförare. R6 menar att realiserad nytta inte uppstod av tvillingen i sig utan av de förändrade besluten som kom till följd av införandet. R6 framhåller även att en norsk laxodling som de arbetade med såg 300 miljoner i besparingar genom omställningar av foderlogik på grund av att de kunde spåra laxens tillväxt genom tvillingen.

Business case och investeringsbedömning bygger enligt R2 på kalkyl och magkänsla och att det svåra ofta är att ge ledningen samma magkänsla. R3 beskriver att digitala satsningar ibland inte nödvändigtvis behöver business case utan tvingas fram av systemets ålder. "Det här systemet har gjort sitt. Nu behöver vi ha ett nytt motsvarande och då passar vi på att göra saker bättre."

R2 framhåller att vissa nyttor inte följs upp systematiskt inom bolaget: "Vad gäller uppgraderingar så nej, det gör vi inte det. Vi tittar ibland på processer, ibland har vi en processuppföljning." R1 menar att energiområdet följs upp i större utsträckning än andra områden.

Sammantaget är det få case som visar tydlig och mätbar realiserad nytta. AI-styrd fjärrvärme är det tydligaste exemplet på hela linjen från idé till uppföljning. Andra case har realiserat nytta i kvalitativa eller indirekta former och värderealiserings omfattning beror enligt respondenterna också på huruvida insikter omsätts i förändrade beslut.

4.6 Organisation och samarbete

Det sammanfattande intrycket från respondenterna är att organisatoriska förmågor är minst lika viktiga som att tekniken ska finnas för att företaget ska digitaliseras eller genomgå förändring.

R4 beskriver förvaltararbetet som tredelat, med ekonomiskt ansvar, tekniskt ansvar och personalansvar, och framhåller att en stor del av arbetet dessutom utgörs av relationsförvaltning. Vidare innebär förvaltarrollen ett långsiktigt arbete med underhållsplanering, där framtida underhållsbehov förbereds genom planering och budgetering. Underhållsplaneringen är formellt en tioårsplan, men R4 belyser att den i praktiken är ett kontinuerligt arbete. Information i förvaltningsarbetet förmedlas främst via fastighetsvärdarna, som utgör förvaltarens primära informationskälla.

R4 berättar om hur digitala verktyg används i förvaltarens vardag. Pigello är Stena Fastigheters ärendehanteringssystem, och Sia är Stena Fastigheters interna AI vilket används dagligen.

"Jag jobbar väldigt mycket med Sia. Alltså fantastiskt, det är ju typ min bästa vän".

Digitala verktyg har underlättat arbetet mycket, men R4 framhåller också att det skapar nya risker.

”Jag har sparat så mycket tid och man är så effektiv och det är lite farligt. För att man behöver nästan stoppa sig själv lite. För det handlar ju också om att man kan bli för bekväm.”

Förvaltaren berättar att digitala verktyg är en integrerad del i förvaltningsarbetet idag men att R4 inte hört begreppet digital tvilling innan intervjun. R4 berättar att det kan vara på grund av att det inte har intresserat respondenten, och har därmed inte lagt energi eller tanke på vad det är.

R2 beskriver arbetet med IT-projekt på Stena Fastigheter:

” Vi försöker jobba ganska nära verksamheten. [...] IT-projekt drivs inte främst av IT-avdelningen utan drivs av verksamheten med stöd av IT-avdelningen.”

R2 framhåller samtidigt en nackdel med modellen.

” Nackdelen med det är ju att verksamheten inte är experter på att driva IT-projekt.”

Samtidigt berättar R4 att det finns en upplevd distans mellan huvudkontorets digitala transformation och områdeskontorens vardag.

”Man hade velat ha det här gänget på Digital transformation och ledningen kanske suttit lite mer på områdeskontoren för att få en känsla av hur det ser ut.”

Vidare beskriver R4 detta som ett växande problem i takt med att bolaget vuxit, och menar att huvudkontor och områdeskontor därmed gått isär något.

Ett alternativt organisatoriskt svar på denna utmaning finns hos R3, som valt att internalisera systemförvaltningskompetensen genom en dedikerad funktion. Utgångspunkten var insikten att styrningen av systemförvaltningsarbetet förutsätter att ansvaret ligger inom den egna organisationen.

”Jag har sedan några år tillbaka just av den anledningen inrättat en roll hos mig som är systemförvaltare. [...] Då bestämde jag mig för några år sedan att det är väldigt svårt att styra över det arbetet när de inte ligger hos mig.”

R3 beskriver att funktionen omfattar idag fem dedikerade medarbetare vars uppdrag sträcker sig bortom teknisk drift till att aktivt säkerställa adoption och nyttjandegrad i organisationen:

”Fem personer som jobbar helt specialiserat med bara systemförvaltning och deras uppgift är att hålla utbildningar, motivera, följa upp, se till att cheferna har tillräckligt bra underlag för att se att systemet faktiskt används.”

Detta illustrerar att IT-verksamhetsrelationen inte enbart är en fråga om organisationsstruktur, utan också om var i organisationen kompetens och mandat läggs.

Sammantaget indikerar resultatet att det inte enbart handlar om teknisk mognad, utan att organisatorisk fragmentering kan utgöra ett stort hinder för en sammanhållen digitaliseringsstrategi.

På leverantörssidan framträder liknande organisatoriska utmaningar för kunderna. R7 beskriver en treenighetsmodell som princip för samarbete där tekniken i sig sällan utgör den kritiska faktorn, utan det är människan som är den stora bromsen. R8 lyfter fram branschens fragmentering som ett strukturellt villkor som kräver kundanpassning, och betonar att grundförutsättningen för digitalisering är ordning och reda på fastighetsinformationen oavsett om det rör sig om enskilda dokument eller en byggnadsdatamodell. R1 preciserar detta ytterligare och menar att frågan om digitala tvillingar förutsätter ett långsiktigt leverantörssamarbete, ett perspektiv som understryker att tekniken i sig är otillräcklig utan stabila och tillitsfulla relationsstrukturer.

4.7 Tillverkningsindustrin som referens och överförbarhetens gränser

Tillverkningsindustrin fungerar genomgående som referensram i respondenternas resonemang kring digitala tvillingar.

Konceptet digital tvilling har sina rötter i tillverkningsindustrin. R5 förklarar att industrins tidiga adoption inte enbart var en fråga om resurser eller ambition, utan om systemegenskaper. Tillverkningsanläggningar är avgränsade, isolerade och fullständigt beskrivbara på ett sätt som möjliggjorde avancerad modellering redan innan tekniken nått sin nuvarande mognadsnivå. Detta bidrar också till förståelsen av varför överförbarheten till fastighetsbranschen är begränsad. Att industrin idag befinner sig långt fram illustreras av

fordonsbranschen. R2 beskriver, efter ett besök hos Polestar, hur företagets tvillingmodell fungerar som ett integrationslager mellan applikation och fysisk bil, och R1 framhåller att varje fordon idag utgör en självständig entitet i en tvilling som i realtid styr kritiska beslut i produktionen.

De lärdomar respondenterna identifierar rör primärt metodik och perspektiv snarare än teknisk kopiering. R5 lyfter fram att det är samma princip man ska göra för städer och fastigheter som man har gjort länge inom tillverkningsindustrin.

”Man simulerar först, sen bygger man. Man bygger rätt och kan göra misstagen i den digitala tvillingen istället för den verkliga.”

Tillämpat på fastighetsbranschen innebär detta en potential att förskjuta kostnaderna för fel – från byggnation och underhåll till planering. R6 lyfter fram ett kompletterande perspektiv i form av verksamhetstvillingen. Erfarenheter från svensk tillverkningsindustri visar att ekonomistyrning per kostnadssätt, utan att ha en koppling till produktionens faktiska logik, riskerar att ge suboptimerade beslut. En verksamhetsmodell kan synliggöra sådana organisatoriska mellanrum, ett perspektiv R6 bedömer som överförbart till fastighetsbranschen.

Trots dessa lärdomar identifierar respondenterna strukturella hinder för direkt teknisk överföring. R7 konstaterar att fastighetsbranschen befinner sig ljusår efter tillverkningsindustrin i mognadsgrad, inte av ovilja utan som en konsekvens av fundamentalt skilda branschlogiker. Fastigheters långa livscykel och låga omsättningshastighet innebär att incitamentsstrukturerna för digital investering ser helt annorlunda ut än i en industri med kortare produktcykler.

Komplexitetsfrågan är dock den mest principiella begränsningen. R5 framhåller att en fastighet, och i synnerhet en stad, är väsentligt svårare att modellera än en fabrik. Detta beror inte enbart på tekniska skäl utan på principiella, eftersom systemet är öppet, dynamiskt och bebott.

Tillverkningsindustrin framstår sammantaget som en möjlig referenspunkt snarare än en operativ förebild: värdefull för de metodologiska perspektiv den erbjuder, men strukturellt för olik fastighetsbranschen för att tjäna som direkt mall.

4.8 Framtidstro och utvecklingsriktningar

Respondenterna är samstämmiga om att AI utgör den centrala möjliggöraren för en bredare tvillingadoption, och att agentbaserade gränssnitt och simuleringsförmåga gradvis förändrar hur fastighetsbranschen arbetar. Avsnittet behandlar AI:s roll, agenter och promptbaserade gränssnitt, simuleringens potential samt frågan om branschens långsiktiga transformation.

Ett återkommande tema är att AI löser ett av de mest grundläggande hindren för implementering av digitala tvillingar: fragmenteringen av system och data. R5 framhåller att AI kan fungera som ett adaptivt integrationslager som kopplar samman system utan att kräva föregående standardisering, ett arbete som tidigare var manuellt och tidskrävande.

I förlängningen innebär detta enligt R5 att IT-standardiseringens betydelse minskar. När AI kan hantera kopplingarna minskar behovet av att skriva stora specifikationer i förväg. Utvecklingstakten på området beskrivs som hög, och R1 placerar Stena mitt i ett pågående skifte mot alltmer datadriven och AI-integrerad verksamhet:

”Datadrivet har varit en tes som vi har kört, att bli ett mer datadrivet fastighetsbolag. Och idag är vi ett mer datadrivet även om det inte är fullt ut. Så ser vi också AI naturligtvis som kommer in och förändrar väldigt mycket saker. Med AI i sin tur nu så ser vi också stora potentialer att börja använda agenter för väldigt mycket av drifthantering i fastigheterna. Stötta larmhantering, alla möjliga olika saker som vi skulle kunna låta agenter jobba med 24–7 i en fastighet.”

R6 formulerar detta som en principiell arbetsfördelning, där tvillingen utgör det rum där digitala agenter och assistenter opererar, medan människan hanterar det fysiska.

R6 drar slutsatsen att traditionella ärendehanteringssystem kommer bli helt obsoleta inom tre år, ersatta av direktåtkomst till data via promptbaserade gränssnitt. Att denna övergång redan påbörjats bekräftas av R8, som uppger att Twinfinity i dag tillhandahåller en MCP-server för promptbaserad åtkomst till tvillingdata.

Trots att simulering beskrivs som tvillingens mest värdeskapande funktion på sikt är det också det område som respondenterna bedömer som mest outnyttjat. R2 lyfter fram att det som vore

mest värdefullt är att simulera demografiska förändringar och sociala frågor, men att det också är det svåraste att modellera, och att branschen ännu inte nått dit.

En återkommande framtidsbild är tvillingen som integrerande infrastruktur, inte enbart inom det egna fastighetsbeståndet, utan som en bro mellan idag isolerade system. R1 beskriver en potential i samverkan med staden, energiförsörjning och kommunal infrastruktur.

”Idag har vi olika typer av dashboard för att se förbrukningen, men inte i en helhet utan bara isolerat. Här kan man kanske också se saker som en tvilling skulle kunna vara en brygga mellan olika typer av insamlad information.”

Respondenterna är samstämmiga i att branschen befinner sig inför ett skifte vars grundförutsättningar ännu inte är på plats. R8 beskriver situationen som att frågor om datakvalitet, datasäkerhet och informationsrelevans måste adresseras innan teknologin kan ge reellt värde i stor skala.

Sammantaget framträder en samsyn om att AI är den avgörande möjliggöraren för nästa steg, samtidigt som branschen ännu inte har de grundförutsättningar i form av datakvalitet och datasäkerhet som krävs för att potentialen ska realiseras i stor skala. På längre sikt ser R5 inga principiella gränser för vad som kan tvillingmodelleras: "Man kan ha digitala tvillingar av allt. Man kan ha personliga digitala tvillingar."

5 Diskussion

I detta kapitel diskuteras studiens resultat i relation till den teoretiska referensram som presenterades i litteraturstudien. Diskussionen är tematiskt strukturerad och utgår från de mönster som framträder när det empiriska materialet ställs mot litteraturen och mot tillverkningsindustrin som komparativ sektor. Sjukvårdssektorn berörs sekundärt, främst genom process mining som ett perspektiv på hur verksamhetsprocesser kan synliggöras. Syftet med kapitlet är att besvara studiens två frågeställningar: hur digital tvillingteknik tillämpas idag inom svensk hyresfastighetsförvaltning och vilka faktorer som påverkar implementeringen, samt hur värde kan realiseras vid implementering av digitala tvillingar inom denna kontext. Diskussionen organiseras kring fem teman som framträtt i resultatet: begreppslig oklarhet, organisatoriska hinder, hyresrättssegmentets strukturella särdrag, värderealiserings diffusa karaktär samt tillverkningsindustrins roll som referens snarare än mall.

5.1 Begreppslig förvirring och tillämpningens mognadsnivå

Ett av de tydligaste teman i det empiriska materialet är att begreppet digital tvilling saknar en gemensam definition hos respondenterna. Detta bekräftar litteraturens konstaterande att det inte finns någon självklar definition av digitala tvillingar (Errandonea m.fl., 2020). Det som sticker ut är omfattningen av spridningen: studiens åtta respondenter ger i praktiken åtta olika definitioner, från R5:s strikta krav på en tvåvägskopplad realtidsmodell med simuleringsförmåga, till R3:s pragmatiska tolkning där den digitala tvillingen i första hand utgörs av objektinformation i bolagets CRM-system. R6 använder tvillingen till verksamhetens flöden snarare än till byggnader, medan R4 inte hört begreppet användas i sitt arbete före intervjun. Denna spridning är inte bara ett språkligt problem, utan har konsekvenser för värderealisering och implementering. Detta medför frågan om begreppet i sig har blivit en bromskloss för värderealisering.

Begreppsförvirringen får ett konkret uttryck i att leverantörerna aktivt rör sig bort från termen. Både R7 och R8 beskriver att de fasat ut begreppet digital tvilling till uttryck som informationshub och informationsnav, eftersom mångfalden av definitioner försvårar kommunikationen med kunderna. Detta resultat är särskilt intressant då de aktörer som säljer tekniken undviker att benämna den med dess etablerade term. Litteraturen behandlar begreppsförvirringen huvudsakligen som ett akademiskt avgränsningsproblem, men empirin visar att den även utgör ett praktiskt hinder för värderealisering. Om köpare och säljare inte

talat om samma sak försvåras formuleringen av tydliga drivkrafter och förväntade nyttor, vilket enligt Love och Matthews (2019) är en förutsättning för att teknologin ska kunna omsättas i affärsmässiga fördelar.

Kritzinger m.fl.:s mognadsramverk med digital modell, digital skugga och digital tvilling är här ett användbart analytiskt verktyg. När respondenternas beskrivningar tolkas genom detta ramverk framgår det att merparten av de tillämpningar som diskuteras i praktiken befinner sig på de två lägre nivåerna. R3:s CRM-baserade informationssamling motsvarar närmast en digital modell, medan Stena Fastigheters AI-styrda fjärrvärme, trots att den är ett av studiens mest utvecklade case, närmast utgör en digital skugga med inslag av styrning. R2 bekräftar detta när respondenten konstaterar att en genuint dubbelriktad tvilling ännu inte uppnåtts. Detta innebär att frågan om värderealisering för digitala tvillingar till stor del fortfarande är en framtidsfråga inom svensk hyresfastighetsförvaltning, medan det värde som realiserats idag huvudsakligen har sitt ursprung i närliggande digitala lösningar med lägre mognadsgrad.

5.2 Hindren är organisatoriska snarare än tekniska

Det mest genomgående temat i såväl litteratur som empiri är att de avgörande hindren för värderealisering inte är tekniska, utan organisatoriska. Strasser m.fl. (2025) konstaterar att den verkliga utmaningen sällan är teknisk och identifierar bristande organisatorisk mognad, avsaknad av tvärssektoriellt ägarskap och en utbredd ansvarsförskjutning som återkommande hinder. Det empiriska materialet ger ett påtagligt stöd för denna slutsats. R7 uttrycker det direkt när respondenten menar att den största bromsen för implementering av leverantörens produkt är människan, och R3 framhåller att den största utmaningen är att få anställda att faktiskt använda de lösningar som implementeras snarare än att fortsätta arbeta som de alltid gjort.

R6:s användning av begreppet organisatoriska mellanrum, hämtat från Mats Tyrstrup, fångar denna problematik teoretiskt. Respondenten beskriver att många kundorganisationer saknar en roll med ansvar för att optimera verksamheten som helhet, eftersom ansvaret är uppdelat i funktionssilos. Detta korresponderar nära med den ansvarsförskjutning Strasser m.fl. (2025) beskriver, där IT-avdelningen och verksamheten ömsesidigt betraktar kompetensansvaret som den andra partens. Enligt detta resonemang uppstår värde först när digitala tvillingar samverkar över organisatoriska gränser, samtidigt som just dessa gränser försvårar sådan samverkan.

Love och Matthews (2019) fem aspekter för värderealisering ger ytterligare skärpa åt analysen. Deras första aspekt, att enbart ha teknologin på plats inte genererar fördelar i sig, illustreras väl av Stena Fastigheters pausade pilotprojekt med digitala tvillingar. Tekniken fanns på plats, men eftersom den inte integrerades i ett sammanhängande arbetssätt och dessutom kolliderade med införandet av ett nytt affärssystem, realiserades ingen nytta. Den tredje aspekten, att endast verksamhetsledare, användare och kunder kan genomföra de förändringar som genererar värde, får stöd i R3:s organisatoriska svar på problemet: bolaget har inrättat en dedikerad systemförvaltningsfunktion med fem medarbetare vars uppdrag sträcker sig bortom teknisk drift till att hålla utbildningar, motivera och följa upp nyttjandegrad. Detta är ett konkret exempel på den aktiva förvaltning av nyttan som Love och Matthews femte aspekt efterfrågar, och avviker från R2:s beskrivning av att investeringar generellt saknar systematisk uppföljning.

Technology Acceptance Model (Davis, 1989) kompletterar denna uppfattning på individnivå. Modellens fokus på upplevd användbarhet och användarvänlighet som förutsättning för faktisk användning återspeglas i R3:s observation om medarbetares motstånd mot nya arbetssätt. Som i litteraturstudien utgör Love och Matthews respektive TAM-modellen två komplementära perspektiv på samma grundproblem: teknisk implementering och organisatorisk adoption är skilda processer som måste hanteras parallellt. Empirin visar att den verkliga flaskhalsen i svensk hyresfastighetsförvaltning ligger i den andra processen, det vill säga adoptionen.

Ett särskilt belysande organisatoriskt hinder är den cirkulära investeringslogik R2 beskriver som en moment 22-situation. Eftersom det saknas övertygande business case investeras det inte i sensorer, och eftersom sensorer saknas kan inga övertygande business case tas fram. Detta indikerar att dödläget främst är organisatoriskt, inte tekniskt. Utmaningen ligger inte i teknikens funktionalitet utan i organisationens oförmåga att fatta beslut om investeringar vars värde blir synligt först efter genomförandet. Därmed konkretiseras en möjlig förklaring till McKinseys (2018) slutsats att färre än en tredjedel av digitala transformationsinitiativ lyckas.

5.3 Hyresrättssegmentets strukturella särdrag

Ett centralt och kontextspecifikt resultat är att hyresrättssegmentets juridiska och ekonomiska reglering utgör ett strukturellt hinder för värderealisering, något som endast delvis uppmärksammas i den internationella litteraturen. Både R2 och R3 framhåller att bruksvärdesprincipen och avsaknaden av marknadsprissättning på bostadshyror begränsar

utrymmet för digitala satsningar. Eftersom hyran förhandlas fram mellan fastighetsägare och hyresgästföreningen, och eftersom bolagen inte kan ta separat betalt för digitala förbättringar som berör hyresgästen, kan en investering i digital teknik inte omsättas i ökade intäkter på samma sätt som i det kommersiella beståndet. R2 beskriver hur detta pressar marginalerna och därigenom reducerar investeringsutrymmet, särskilt paradoxalt i attraktiva lägen där bostäderna inte är marknadsprissatta.

Detta är en viktig nyansering av litteraturen. Studier som Al-haimi m.fl. (2025) och Zhou m.fl. (2025) behandlar höga investeringskostnader och osäker avkastning som generella hinder, men förutsätter underförstått en marknad där realiserad nytta kan fångas av den investerande aktören. I hyresrättssegmentet bryts denna koppling mellan investering och avkastning av regleringen. Resultatet pekar därmed på en hindersmekanism som är strukturell snarare än organisatorisk eller teknisk, och som ligger utanför det enskilda bolagets kontroll. Det förklarar också varför R3 beskriver att bostadssidan förändrats förhållandevis lite jämfört med det kommersiella beståndet.

Ett relaterat strukturellt hinder rör transaktionsmarknadens värdesättning av data. R1 framhåller att en fastighets marknadsvärde idag inte påverkas av hur väl den är dokumenterad, och liknar det med en bil utan servicebok. Information om hur fastigheten sköts borde följa med och påverka värderingen vid försäljning, men gör inte det ännu. R8 bekräftar bilden från leverantörshåll och beskriver att branschen ännu inte värderar informationsstruktur, trots att köpare lägger ned betydande arbete på att granska fastighetsinformation vid förvärv. Här framträder en möjlig hävstång för värderealisering: om transaktionsmarknaden började prissätta datakvalitet skulle ett av de incitament som idag saknas kunna uppstå. Detta är en lärdom som inte primärt handlar om teknik, utan om hur marknadens värderingsnormer formar drivkrafterna för digitalisering.

Till de strukturella begränsningarna kan även den tekniska sensorbasens utformning räknas. R2 beskriver en kvalitativ skillnad mellan bostads- och kommersiellt bestånd, där en typisk hyresfastighet kan ha tio till femton sensorer som styr värmen för hela fastigheten, mot uppemot flera tusen sensorer i kommersiella fastigheter. Begränsningen är dock inte enbart ekonomisk: R2 framhåller att det anses integritetskänsligt att mäta huruvida personer befinner sig i en lägenhet. Det som kännetecknar hyresrättssegmentet är alltså inte enbart dess juridiska och ekonomiska förutsättningar, utan även boendets privata karaktär. Till skillnad från industrins avgränsade miljöer utgör bostaden ett öppet och bebott system.

5.4 Värderaliseringens diffusa och svåråmätbara karaktär

Studiens andra frågeställning handlar om hur värde kan realiseras vid implementering av digitala tvillingar. Det empiriska materialet visar att realiserad nytta i hyresfastighetsförvaltning sällan är tydligt mätbar. Av de case respondenterna lyfter fram är Stena Fastigheters AI-styrda fjärrvärme det enda som beskrivs hela vägen från idé till uppföljning, och det är samtidigt det case där nyttan är mest kvantifierbar. Övriga case realiserar nytta i kvalitativa eller indirekta former. Detta stämmer överens med Diggs definition av värderalisering som en process där avsett värde faktiskt uppnås. I flera av studiens fall är processen ofullbordad, eftersom nyttan varken fångas eller följs upp.

Ett centralt mönster är att kvalitativa värden är svåra att väga in i investeringsbeslut. Både R1 och R3 betonar att värden som ökad kundnöjdhet och stärkt professionell bild är svårare att kvantifiera än rena kostnadsbesparingar. Fallet med AI-styrd fjärrvärme illustrerar detta väl, en oväntad effekt av implementeringen var att antalet temperaturrelaterade klagomål minskade, eftersom en jämnare inomhustemperatur upplevs som mer behaglig. Detta kvalitativa värde uppstod utan att ha ingått i det ursprungliga business caset. Resultatet pekar på att värderalisering delvis är framväxande och att värden som inte förutsetts uppstår. Detta gör förhandskalkyler ofullständiga som beslutsunderlag. R2:s beskrivning av att strategiska satsningar motiveras genom en kombination av ekonomisk kalkyl och förankrad magkänsla kan förstås mot denna bakgrund: magkänslan kompenserar för de värden kalkylen inte fångar.

Det starkaste teoretiska stödet för studiens analys ger Love och Matthews (2019) första och andra aspekt: värde uppstår först när teknologin används och möjliggör förändringar i arbetssättet. R6:s case med en verksamhetstvilling för LKAB:s logistikflöde är här särskilt belysande. Respondenten betonar att den realiserade nyttan, besparingar på fem till tio miljoner kronor per år genom färre lokförare, inte uppstod av tvillingen i sig, utan av de förändrade beslut som tvillingen möjliggjorde. Tvillingen synliggjorde en suboptimering som var osynlig i traditionella ekonomistyrningssystem, men värdet realiserades först när organisationen agerade på insikten. Detta bekräftar att teknologin är en förutsättning, inte en orsak, till värde.

Här blir process mining relevant som ett sekundärt komparativt perspektiv. Inom sjukvården har process mining använts för att överbrygga gapet mellan utformade och faktiskt utförda processer genom att analysera händelseloggar från befintliga system. R6:s verksamhetstvilling använder en likartad logik: att synliggöra hur verksamheten faktiskt fungerar, snarare än hur

den antas fungera. För hyresfastighetsförvaltning antyder detta att värderealisering kan främjas av verktyg som riktas mot verksamhetens processer och beslut, inte enbart mot byggnaden som fysiskt objekt. Detta förklarar även varför R6 väljer att integrera tvillingen i verksamhetens flöden, eftersom värdet uppstår i de förändrade beslut som följer därav. Samtidigt är överförbarheten begränsad: process mining förutsätter processer med tydliga start- och slutpunkter och rika händelseloggar, vilket inte är självklart inom fastighetsförvaltning.

Sammantaget framträder en bild där värderealisering i hyresfastighetsförvaltning idag är svag i bemärkelsen att nytta sällan kvantifieras, följs upp eller fångas systematiskt. Detta är inte nödvändigtvis ett tecken på att värde saknas, utan på att de organisatoriska rutinerna för att identifiera och förvalta nytta, det vill säga Love och Matthews femte aspekt, ännu inte är på plats. R3:s dedikerade systemförvaltningsfunktion utgör ett undantag som visar att en sådan standardisering är möjlig.

5.5 Tillverkningsindustrin som referens

Studiens komparativa ansats syftar till att identifiera lärdomar från en mer digitalt mogen sektor. Resultaten visar dock att tillverkningsindustrin bäst förstås som en referenspunkt, inte som en operativ förebild. Villegas m.fl.:s (2025) ramverk visar att tillverkningsindustrin utvecklat en strukturerad mognadsprogression genom fem nivåer, från modellbaserad till autonom tvilling, och en kvalitativ skillnad mellan konventionella och intelligenta tvillingar. Fastighetssektorn saknar ett motsvarande systematiskt ramverk, och majoriteten av dess tillämpningar befinner sig på de två lägsta nivåerna. Skillnaden är alltså inte enbart en fråga om tempo, utan om strukturerad systematik.

Det empiriska resultatet ger en övergripande förklaring till varför direkt teknisk överföring är begränsad. R5 framhåller att tillverkningsanläggningar är avgränsade, isolerade och fullständigt beskrivbara, vilket möjliggjorde avancerad modellering redan innan tekniken nått sin nuvarande mognad. En fastighet, och i synnerhet en stad, är väsentligt svårare att modellera, inte enbart av tekniska skäl utan av principiella, eftersom systemet är öppet, dynamiskt och bebott. R7 uttrycker samma sak i termer av branschlogik: fastigheters långa livscykel och låga omsättningshastighet innebär att incitamentsstrukturerna för digital investering ser fundamentalt annorlunda ut än i en industri med korta produktcykler. Tillverkningsindustrins försprång är därmed delvis en konsekvens av gynnsamma systemegenskaper, inte enbart av tidigare adoption eller större ambition.

De lärdomar som ändå framstår som överförbara är metodologiska snarare än tekniska. R5 lyfter principen att simulera först och bygga sedan, så att misstagen kan göras i den digitala tvillingen i stället för i verkligheten. Tillämpat på fastighetsförvaltning innebär detta en möjlighet att förskjuta kostnaderna för fel från byggnation och underhåll till planeringsskedet. Zhou m.fl. (2025) beskriver en likartad potential när de framhåller digitala tvillingar som verktyg för att testa investeringsbeslut i en riskfri virtuell miljö innan resurser allokeras. R6:s perspektiv på verksamhetstvillingen är likaså överförbart: erfarenheten från svensk tillverkningsindustri, att ekonomistyrning per kostnadsställe utan koppling till verksamhetens faktiska logik riskerar att ge suboptimerade beslut, är direkt relevant för en fastighetssektor präglad av funktionssilos.

Villegas m.fl.:s ramverk med fem nivåer kan potentiellt översättas till en fastighetskontext och pekar på att utvecklingen är möjlig även inom förvaltning. De fem mognadsnivåerna är inte exklusiva för tillverkning, utan beskriver en logisk utvecklingsväg. Den centrala lärdomen från tillverkningsindustrin är därmed inte en specifik teknisk lösning, utan insikten att en systematisk och stegvis mognadsutveckling, från statisk modell mot uppkopplad, prediktiv, föreskrivande och autonom tvilling, är en förutsättning för att tekniken ska kunna leverera realiserbart värde. Fastighetssektorn behöver, till skillnad från tillverkning, driva denna utveckling under villkor av öppna system och svaga marknadsincitament, vilket gör att vägen sannolikt blir längre och mer beroende av organisatorisk och strukturell förändring än av teknisk.

5.6 Sammanfattande reflektion

Sammantaget besvarar diskussionen studiens två frågeställningar på följande sätt. Digital tvillingteknik tillämpas idag inom svensk hyresfastighetsförvaltning huvudsakligen på låga mognadsnivåer, i form av enskilda piloter och angränsande digitala lösningar snarare än fullt utvecklade, dubbelriktade tvillingar. Implementeringen påverkas av begreppslig oklarhet, organisatoriska hinder i form av silos och adoptionsmotstånd, samt strukturella hinder som är specifika för hyresrättssegmentet, framför allt bruksvärdesprincipens frikoppling av investering från intäkt och transaktionsmarknadens uteblivna värdering av data.

Värde kan realiseras, men förutsätter att tyngdpunkten flyttas från teknikens egenskaper till organisation och process. Studiens resultat ger ett tydligt stöd för Love och Matthews (2019) tes att teknologin i sig inte skapar värde: det gör de förändrade arbetssätt och beslut som teknologin möjliggör, och först när nyttan aktivt förvaltas och följs upp. De överförbara

lärdomarna från tillverkningsindustrin är metodologiska snarare än tekniska: att simulera före beslut och att modellera verksamhetens flöden snarare än enbart byggnaden som fysiskt objekt. Den avgörande slutsatsen är att frågan inte är om digitala tvillingar fungerar tekniskt, vilket litteraturen visar att de gör, utan om svensk hyresfastighetsförvaltning förmår utveckla den organisatoriska mognad, det tvärsektoriella ägarskap och de marknadsincitament som krävs för att teknikens potential ska omsättas i realiserat värde.

6 Slutsats

Studien syftade till att undersöka hur digital tvillingteknik tillämpas inom svensk hyresfastighetsförvaltning och hur värde kan realiseras vid en sådan implementering. Utifrån åtta intervjuer och en litteraturstudie kan studiens två frågeställningar besvaras enligt följande.

Den första frågeställningen gäller hur digital tvillingteknik tillämpas idag och vilka faktorer som påverkar implementeringen. Resultatet visar att tekniken ännu inte tillämpas i mogen form inom svensk hyresfastighetsförvaltning. Frågan har inte nått den operativa verksamheten, och de tillämpningar som finns utgörs av enskilda pilotprojekt och angränsande digitala lösningar, inte av fullt utvecklade, dubbelriktade tvillingar. Tolkat genom Kritzingers mognadsramverk befinner sig merparten av tillämpningarna på de två lägsta nivåerna, digital modell och digital skugga. Det värde som realiseras idag, exempelvis Stena Fastigheters AI-styrda fjärrvärme, har sitt ursprung i närliggande digitala lösningar med lägre mognadsgrad, inte i digitala tvillingar i egentlig mening. Implementeringen bromsas av begreppslig oklarhet, ett informationsgap mellan nyproduktion och förvaltning samt organisatoriska mellanrum där ansvaret för utveckling faller mellan funktionssilos. En central förklaring till den långsamma utvecklingen är svårigheten att kvantifiera nyttan, vilket gör investeringskalkyler ofullständiga som beslutsunderlag.

Den andra frågeställningen gäller hur värde kan realiseras. Studien visar att de avgörande hindren är organisatoriska och strukturella, inte tekniska. Värderealisering förutsätter därför att tyngdpunkten flyttas från teknikens egenskaper till organisation och process. En gemensam förståelse av begreppet är en förutsättning, även om aktörerna i nuläget kringgår termen snarare än enas om den. AI fungerar som en möjliggörare som kan koppla samman systemen utan att de behöver standardiseras. Därutöver krävs organisatorisk anpassning och aktiv förändringsledning, i linje med teknikacceptansmodellen och Love och Matthews fem aspekter för värderealisering. Värdet uppstår inte av tvillingen i sig, utan av de förändrade beslut som följer av dess införande. En väg framåt är att rikta tekniken mot verksamhetens processer och beslut, inte enbart mot byggnaden som fysiskt objekt, i linje med den logik som process mining bygger på.

Den komparativa ansatsen visar att tillverkningsindustrin utgör en referenspunkt, inte en operativ förebild. De överförbara lärdomarna är metodologiska, inte tekniska: att simulera före beslut och att modellera verksamhetens flöden. En systematisk och stegvis mognadsutveckling är en förutsättning för att tekniken ska leverera realiserbart värde. Till skillnad från tillverkningsindustrin måste fastighetssektorn driva denna utveckling under villkor av öppna system och svaga marknadsincitament, vilket gör vägen längre och mer beroende av organisatorisk och strukturell förändring än av teknisk.

Studiens övergripande slutsats är att frågan inte är om digitala tvillingar fungerar tekniskt, utan om organisationen och marknaden förmår bära dem.

6.1 Framtida studier

Studien öppnar för flera riktningar för fortsatt forskning. För det första vore det värdefullt att inkludera tillverkningsindustrin direkt genom intervjuer med respondenter från sektorn, eftersom den i denna studie endast kunnat beläggas genom litteraturen, vilket begränsat den pragmatiska inblicken. För det andra skulle en kvantitativ uppföljning kunna pröva hur generaliserbara studiens fynd är och närmare belysa de strukturella hindrens betydelse. För det tredje framstår transaktionsmarknadens värderingsnormer som ett angeläget område, eftersom marknadens uteblivna värdering av fastighetsinformation utgör ett av de mest centrala strukturella hindren för värderealisering.

7 Litteraturförteckning

Adamenko, D., Kunnen, S., & Nagarajah, A. (2020). Digital twin and product lifecycle management: What is the difference? IFIP Advances in Information and Communication Technology, 594, 150–162. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62807-9_13

Al-haimi, B., Khalid, H., Zakaria, N. H., & Jasimin, T. H. (2025). Digital transformation in the real estate industry: A systematic literature review of current technologies, benefits, and challenges. International Journal of Information Management Data Insights, 5(1). <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2025.100340>

Artificiell intelligens (AI). (u.å.). Integritetsskyddsmyndigheten. Hämtad 22 maj 2026, från <https://www.imy.se/privatperson/ai/>

Attaran, M., & Celik, B. G. (2023). Digital twin: Benefits, use cases, challenges, and opportunities. Decision Analytics Journal, 6, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100165>

Baum, A., Saull, A., & Braesemann, F. (2019). PropTech 2020: The future of real estate. Asset Magazine, University of Oxford Research.

Becerik-Gerber, B., & Rice, S. (2010). The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry. Electronic Journal of Information Technology in Construction, 15, 185–201. <http://www.itcon.org/2010/15>

Boltaboyeva, A., Baigarayeva, Z., Postolache, O., Mansurova, M., Karymssakova, N., &

Belgibayev, B. (2024). Smart sensors and IoT applied in digital twin for Industry 4.0. 2024 International Symposium on Sensing and Instrumentation in 5G and IoT Era (ISSI 2024). <https://doi.org/10.1109/issi63632.2024.10720505>

Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a semantic construction digital twin: Directions for future research. Automation in Construction, 114, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179>

Bongomin, O., Mwape, M. C., Mpofu, N. S., Bahunde, B. K., Kidega, R., Mpungu, I. L., Tumusiime, G., Owino, C. A., Goussongtogue, Y. M., Yemane, A., Kyokunzire, P., Malanda, C., Komakech, J., Tigalana, D., Gumisiriza, O., & Ngulube, G. (2025). Digital twin technology advancing Industry 4.0 and Industry 5.0 across sectors. Results in Engineering, 26, 105583. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105583>

Boverket. (2023). Byggnadsinformationsmodellering, BIM (Rapport 2023:4). <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2023/byggnadsinformationsmodellering-bim.pdf>

Braesemann, F., & Baum, A. (2020). PropTech: Turning real estate into a data-driven market? SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3607238>

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101.

Brutti, A., de Sabbata, P., Frascella, A., Gessa, N., Ianniello, R., Novelli, C., Pizzuti, S., & Ponti, G. (2019). Smart city platform specification: A modular approach to achieve interoperability in smart cities. *Internet of Things*, 25–50. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96550-5_2

Cimino, C., Negri, E., & Fumagalli, L. (2019). Review of digital twin applications in manufacturing. *Computers in Industry*, 113, 103130. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103130>

David-Olawade, A. C., Abanishe, R. B., Ogunbona, M. A., Makanjuola, B. D., Oluwadairo, E. D., & Olasilola, O. R. (2026). Transforming healthcare through digital twin technology: Current evidence and emerging opportunities. *Intelligent Hospital*, 100077. <https://doi.org/10.1016/j.inhs.2026.100077>

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>

Denscombe, M. (2017). *The good research guide: For small-scale social research projects* (6:e uppl.). Open University Press.

Dunsö, O., & Henryson, M. (2018.). Digitalisering i svenska företag. Tillväxtverket. Hämtad 22 juni 2026, från <http://publikationer.tillvaxtverket.se>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2:a uppl.). John Wiley & Sons.

Energihushållning – PBL kunskapsbanken. (u.å.). Boverket. Hämtad 19 april 2026, från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/energihushallning/>

Energihushållningskrav. (u.å.). Boverket. Hämtad 19 april 2026, från <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energihushallningskrav/>

Energy performance of buildings directive. (u.å.). Europeiska kommissionen. Hämtad 20 maj 2026, från https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

Errandonea, I., Beltrán, S., & Arrizabalaga, S. (2020). Digital twin for maintenance: A literature review. *Computers in Industry*, 123, 103316. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103316>

Fülöp, M. T., & Ionescu, C. A. (2025). Sustainability, risk, and social responsibility: The new triad in real estate management. *International Journal of Strategic Property Management*, 29(5), 377–397. <https://doi.org/10.3846/ijspm.2025.25159>

Gibson, M., Arnott, D., & Jagielska, I. (2004). Evaluating the intangible benefits of business intelligence: Review and research agenda. *Proceedings of the 2004 IFIP International*

Conference on Decision Support Systems (DSS2004): Decision Support in an Uncertain and Complex World, 295–305.

Glaessgen, E. H., & Stargel, D. S. (2012). The digital twin paradigm for future NASA and U.S. Air Force vehicles. Collection of Technical Papers – AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference. <https://doi.org/10.2514/6.2012-1818>

Grieves, M. W. (2005). Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises. *International Journal of Product Development*, 2(1–2), 71–84. <https://doi.org/10.1504/IJPD.2005.006669>

Grobis, M., Solterbeck, S., Kempf, O., & Ihlenfeldt, S. (2025). Classification and evaluation of the integration of process mining and digital twins: A roadmap. *Procedia CIRP*, 134, 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.02.155>

Håkansson, O., & Käck, S. (2019). Assessing the value of BIM: A contractor's perspective [Masteruppsats, Jönköping University, Jönköpings Tekniska Högskola]. Digitala Vetenskapliga Arkivet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hj:diva-45238>

Innovationsledning och nyttorealisering. (u.å.). Digg. Hämtad 22 juni 2026, från <https://www.digg.se/kunskap-och-stod/nyttorealisering/vagledning-i-nyttorealisering/9.-innovationsledning-och-nyttorealisering>

Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the digital twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29, 36–52. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002>

Jordabalk (1970:994). (u.å.). Sveriges riksdag. Hämtad 20 maj 2026, från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/jordabalk-1970994_sfs-1970-994/

Koch, C., Hansen, G., & Jacobsen, K. (2019). Missed opportunities: Two case studies of digitalization of FM in hospitals. *Facilities*, 37(7/8), 381–394. <https://doi.org/10.1108/f-01-2018-0014>

Liu, H., Zhang, B., Wu, V., Yang, X., & Wang, L. (2025). Review of digital twin in the automotive industry on products, processes and systems. *International Journal of Automotive Manufacturing and Materials*, 4(1). <https://doi.org/10.53941/ijamm.2025.100006>

Love, P. E. D., & Matthews, J. (2019). The 'how' of benefits management for digital technology: From engineering to asset management. *Automation in Construction*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102930>

Massaro, M. (2023). Digital transformation in the healthcare sector through blockchain technology. Insights from academic research and business developments. *Technovation*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102386>

- McKinsey & Company. (2018). Unlocking success in digital transformations. <https://www.mckinsey.com/business-functions/people-and-organizational-performance/our-insights/unlocking-success-in-digital-transformations>
- Mishra, A., El Barachi, M., & Kumar, M. (2024). Transforming industry using digital twin technology. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-58523-4>
- Moshood, T. D., Rotimi, J. O., Shahzad, W., & Bamgbade, J. (2024). Infrastructure digital twin technology: A new paradigm for future construction industry. *Technology in Society*, 77, 102519. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102519>
- Nordstrand, U. (2008). Byggprocessen (4:e [rev.] uppl.). Liber.
- Pedral Sampaio, R., Aguiar Costa, A., & Flores-Colen, I. (2022). A systematic review of artificial intelligence applied to facility management in the building information modeling context and future research directions. *Buildings*, 12(11), 1939. <https://doi.org/10.3390/buildings12111939>
- Pinto, J. K. (2020). Project management: Achieving competitive advantage. Pearson Education Limited.
- Piromalis, D., & Kantaros, A. (2022). Digital twins in the automotive industry: The road toward physical-digital convergence. *Applied System Innovation*, 5(4), 65. <https://doi.org/10.3390/asi5040065>
- Prodan, M., Prodan, A., & Purcarea, A. A. (2015). Three new dimensions to people, process, technology improvement model. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 353, 481–490. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16486-1_47
- Qian, Z. (2023). Digital transformation of real estate industry: Opportunities, challenges and strategic suggestions. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 3(1), 277–281. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/3/2022794>
- Riazul Islam, S. M., Nazim Uddin, M., & Kwak, K. S. (2016). The IoT: Exciting possibilities for bettering lives: Special application scenarios. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 5(2), 49–57. <https://doi.org/10.1109/mce.2016.2516079>
- Rojas, E., Munoz-Gama, J., Sepúlveda, M., & Capurro, D. (2016). Process mining in healthcare: A literature review. *Journal of Biomedical Informatics*, 61, 224–236. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.04.007>
- Sepasgozar, S. M. E. (2021). Differentiating digital twin from digital shadow: Elucidating a paradigm shift to expedite a smart, sustainable built environment. *Buildings*, 11(4), 151. <https://doi.org/10.3390/buildings11040151>
- Singh, M., Fuenmayor, E., Hinchey, E. P., Qiao, Y., Murray, N., & Devine, D. (2021). Digital twin: Origin to future. *Applied System Innovation*, 4(2). <https://doi.org/10.3390/asi4020036>

- Siniak, N., Kauko, T., Shavrov, S., & Marina, N. (2020). The impact of proptech on real estate industry growth. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 869(6), 062041. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/869/6/062041>
- Strasser, A., Häger, U., & Krug, T. (2025). An analysis of the digital twin in the energy sector from the perspective of digital transformation. *2025 IEEE Kiel PowerTech*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/powertech59965.2025.11180450>
- Ullah, F., Sepasgozar, S. M. E., & Wang, C. (2018). A systematic review of smart real estate technology: Drivers of, and barriers to, the use of digital disruptive technologies and online platforms. *Sustainability*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/su10093142>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Villegas, L. F., Macchi, M., & Polenghi, A. (2025). Digital twins in manufacturing: A unified conceptual framework. *Annual Reviews in Control*, 60, 101031. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2025.101031>
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building information modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>
- Whyte, J., & Hartmann, T. (2017). How digitisation is affecting the construction industry. *Construction Management and Economics*, 35(6), 337–351. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1299665>
- Yoo, J. W., Park, J., & Park, H. (2024). The impact of AI-enabled CRM systems on organizational competitive advantage: A mixed-method approach using BERTopic and PLS-SEM. *Heliyon*, 10(16), e36392. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36392>
- Zhou, W., Kriviņš, A., & Kaze, V. (2025). Management in real estate: Powered by digital twins. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 13(2), 280–298. <https://doi.org/10.9770/h9697726695>

8 Bilagor

Bilaga 1: Intervjuguide fastighetsbolag

Inledning

- Går det bra att vi spelar in intervjun? Inspelningen används enbart för transkribering, era svar anonymiseras och ni kan när som helst avbryta.
- Kan du kort beskriva din roll och hur länge du arbetat med digitalisering inom fastighetsbranschen?

Huvudfrågor

- Hur ser intresset ut hos er för digitala tvillingar idag?
 1. Är det något ni aktivt vill implementera, eller är det mer en diskussionsfråga?
- Vem är det som driver frågan hos er — ledningen, operativ personal, konsulter eller något annat?
- Hur definierar ni en digital tvilling inom ert bolag
 1. I vilken utsträckning arbetar ni med tekniken idag?
- Kan du beskriva ett konkret fall där en digital satsning levererat tydlig nytta? Och ett fall där det inte blev som förväntat?
- Hur motiveras investeringar i digital teknik internt, exempelvis genom business case, och hur följs värdet upp efter implementering? Finns det exempel där förväntad nytta inte materialiserats?
- Vilka är de främsta hindren för ökad användning av digitala tvillingar hos er? Tänk gärna på tekniska, ekonomiska, organisatoriska och kompetensrelaterade faktorer.
- Hur upplever du att samarbetet fungerar mellan IT-funktionen och den operativa verksamheten? Var uppstår friktion, och hur påverkar det implementeringens framgång?
- På vilket sätt skiljer sig förutsättningarna för digitalisering inom hyresrättsförvaltning jämfört med kommersiell fastighetsförvaltning?
- Har ni hämtat inspiration från andra branscher, exempelvis tillverkningsindustrin, i ert digitaliseringsarbete? Finns det specifika arbetssätt eller lärdomar ni aktivt försökt överföra?
- Vad behöver förändras för att digitala tvillingar ska nå sin fulla potential inom hyresrättsförvaltning?

Avslutning

13. Finns det något du vill tillägga, eller någon fråga du tycker vi borde ha ställt?

Bilaga 2: Intervjuguide leverantörer

Inledning

- Går det bra att vi spelar in intervjun? Inspelningen används enbart för transkribering, era svar anonymiseras och ni kan när som helst avbryta.
- Kan du kort beskriva din roll, företagets verksamhet och hur länge du arbetat med digitala tvillingar?

Huvudfrågor

- Hur definierar ni själva en digital tvilling, och vilken typ av kunder inom fastighetssektorn arbetar ni huvudsakligen med?
- Vad kan man leverera för nytta med digitala tvillingar?
- Hur skulle du beskriva efterfrågan från fastighetsbranschen just nu? Är det kunderna som kommer till er, eller är det ni som måste övertyga dem?
- Hur skulle du beskriva fastighetsbranschens mognadsgrad när det gäller digitala tvillingar, jämfört med andra sektorer ni arbetar i?
- Ser ni skillnader mellan kommersiella fastighetsaktörer och hyresrättsförvaltare när det gäller mognad och efterfrågan?
- Kan du beskriva en implementering som blev särskilt framgångsrik, och en som inte levererade som förväntat? Vad var skillnaden?
- Vilka är de vanligaste orsakerna till att kunder inte realiserar förväntad nytta av era lösningar?
- Ser ni skillnader i drivkrafter mellan kunder som lyckas realisera värde och de som inte gör det?
- Vilka faktorer ser ni är avgörande för att en implementering ska leverera förväntat värde?
- Hur upplever ni relationen mellan era kontaktpersoner på IT-sidan och den operativa verksamheten hos kundbolagen?
- Finns det lärdomar från andra sektorer, exempelvis tillverkningsindustrin, som fastighetsbranschen ännu inte tagit till sig? Och vad tror ni gör att överföring är svår?

Avslutning

- Finns det något du vill tillägga, eller någon fråga du tycker vi borde ha ställt?



CHALMERS