

Digitale tvillinger i bygningsdrift – hvornår skaber de reel værdi?

Fra vision til driftsværdi i den danske HVAC- og FM-branche

Digitalisering har i de seneste år været blandt de mest dominerende udviklingsspor i bygge- og ejendomsbranchen. Begreber som BIM, IoT, Smart Buildings og kunstig intelligens er blevet faste elementer i både projektering, udførelse og drift. Ét begreb har dog i særlig grad vundet indpas i diskussionen om fremtidens bygninger: digitale tvillinger

Tekst: Lars Duelund Petersen, UCL
Erhvervsakademi og professionshøjskole m.fl.
Fotos/illustrationer: UCL Erhvervsakademi

Digitale tvillinger fremstilles ofte som næste skridt i den digitale transformation af byggebranchen – en teknologi, der kan forbinde den fysiske bygning med en dynamisk digital repræsentation og dermed skabe grundlag for mere intelligent drift, bedre energistyring og mere bæredygtige bygninger.

Men i praksis opstår der hurtigt et afgørende spørgsmål:

Hvornår skaber digitale tvillinger egentlig værdi i bygningsdriften – og hvor går grænsen mellem nyttig digitalisering og unødvendig kompleksitet?

Denne artikel tager afsæt i nyere undersøgelser af digitale tvillinger i en dansk kontekst og diskuterer særligt teknologiens betydning for HVAC-, drifts- og facility management-området.

Den danske forståelse af digitale tvillinger

Som led i et forskningsprojekt under Anvendt Erhvervsforskning på UCL Erhvervsakademi og Professionshøjskole indledte vi med et litteraturstudie for at indskærpe og definere begrebet digital tvilling i en dansk kontekst. Internationalt beskrives en digital tvilling typisk som en dynamisk og realtidsforbundet digital repræsentation af et fysisk objekt eller system.

I industrien forbindes begrebet ofte med avanceret sensorteknologi, AI-baserede analyser og selvoptimerende systemer. ►



Bygning udefra.

Fremtidens Varme

- Redan Fjernvarmeunits

Fjernvarme er en stabil, økonomisk og miljøvenlig varmeløsning. Med en Redan unit får du en installation, der er optimeret til lavtemperatur fjernvarme og designet til at opfylde fremtidens krav til energieffektivitet og driftssikkerhed.

- **Energieffektiv drift**
Høj varmeveksler effektivitet → stor afkøling
Optimeret til lavtemperatur fjernvarme
- **Miljøvenligt design**
Færre materialer → lavere CO₂-aftryk
Understøtter grøn omstilling i forsyningsnet
- **Driftssikker & servicevenlig**
Modulopbygget for nem installation og vedligehold
Dimensioneret og konstrueret efter relevant Dansk Lovgivning på området
- **Fremtidstilpasset investering**
Klar til kommende krav og energimålerintegration
Bidrager til at øge boligens attraktivitet ved at sikre effektiv og bæredygtig opvarmning

AKVA LUX S p

INTELLIGENT DESIGN
OPTIMAL KOMFORT
ENERGIEFFEKTIV
DRIFT

AKVA LUX S ps

AKVA LUX V X p

H W 3 4 Z

Se og læs mere på redan.dk
eller download **Redan App**

Hent i
App Store

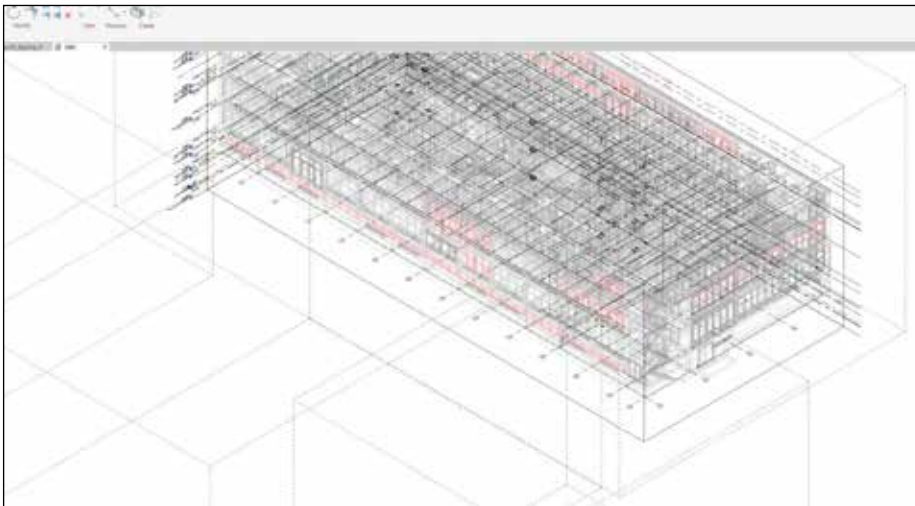
Hent på
Google Play

WEB version

www.redan.dk



Revit udefra. En digital tvilling skabt ved udelukkende at registrere, opmåle og modellere bygningsværket fra udersiden.



Revit wireframe (trådkonstruktion) er en visuel visningsform, hvor alle overflader i 3D-modellen gøres gennemsigtige, så kun modellens kanter og linjer er synlige. Når man aktiverer Wireframe, fjernes alle skygger, farver og materialer midlertidigt. Det svarer til at se på en model bygget udelukkende af tynde ståltråde.

► Fortsat

I den danske byggebranche, isoleret set, anvendes begrebet imidlertid langt bredere.

For nogle aktører er en digital tvilling en laserscannet punktsky eller en opdateret BIM-model. For andre handler det om et integreret driftsværktøj med kobling til CTS, sensorer og energidata. Denne forskellighed gør det vanskeligt at etablere fælles krav og forventninger til digitale leverancer.

Undersøgelser blandt danske brancheaktører peger samtidig på, at størstedelen af de projekter, der omtales som digitale tvillinger, reelt befinder sig på et relativt basalt modenhedsniveau.

I praksis kan digitale tvillinger i byggeriet derfor forstås som et kontinuum:

- Niveau 1: Statisk digital repræsentation – typisk BIM eller dokumentation.

- Niveau 2: Opdateret "som udført"-model med lokationsbaseret information og driftsdata.
 - Niveau 3: Realtidskobling mellem fysisk bygning og digital model.
 - Niveau 4: Selvoptimerende og delvist autonom bygning understøttet af AI.
- Det interessante er, at de fleste danske projekter i dag befinder sig mellem niveau 1 og 2 – også selvom ambitionerne ofte beskrives som langt mere avancerede.

Problemet med "som udført"

I forbindelse med at vi foretog en interviewrække, afdækkede vi imidlertid, at et centralt problem i den danske byggebranche er, at selv almindelig "som udført"-dokumentation ofte er mangelfuld. En del projektorganisationer og entreprenører kæmper med "brandslukning" i forbindelse med afslutning af projekter. Projekter er tit så forhastede, at projektering

sker samtidig med byggeprocessen. Udover de udfordringer dette giver i forhold til projekteringskvalitet og fejl i byggeriet, betyder det, at mange kan have svært ved at overholde bygningsreglementets overordnede krav til "som udført" dokumentation.

Mange driftsorganisationer overtager derfor stadig bygninger med:

- ufuldstændige BIM-modeller
- manglende opdateringer
- usammenhængende dokumentation
- utilstrækkelig mærkning
- data uden relation til den faktiske drift.

Dette skaber en betydelig udfordring, når ambitionen samtidig er at etablere avancerede digitale tvillinger.

Hvis grunddata ikke er valide og vedligeholdt, bliver den digitale tvilling hurtigt irrelevant. Derfor peger flere erfaringer på, at branchens største udfordring måske ikke er teknologi, men organisering, ansvar og processer.

Mange projekter viser nemlig, at der eksisterer et markant "gap" mellem:

- designmodellen
- den udførte bygning
- den faktiske drift.

Og netop dette gap bliver særlig kritisk for HVAC-installationer, hvor selv mindre afvigelser kan have stor betydning for drift, energi og indeklima.

HVAC-installationer er omdrejningspunktet

Når digitale tvillinger skaber værdi i praksis, er det især i relation til tekniske installationer.

Det gælder blandt andet:

- ventilationsanlæg
- varme- og kølesystemer
- CTS-anlæg
- energimålere
- indeklimasensorer
- tekniske forsyningsystemer.

Netop HVAC-installationer er blandt de mest komplekse og driftskritiske elementer i moderne byggeri. Samtidig er det her, de største energibesparelser og driftsoptimeringer ofte kan realiseres.

I nyere hospitals- og laboratoriebyggerier ses derfor en stigende interesse for at skabe digitale repræsentationer af de tekniske installationer med henblik på:

- hurtigere fejlsøgning
- bedre dokumentation
- optimeret vedligehold
- energiovervågning
- beslutningsstøtte ved ombygninger
- forbedret commissioning.

Særligt lokationsbaseret information fremhæves som værdifuld i driften. Når driftspersonalet hurtigt kan identificere komponenters placering, relationer og driftshistorik, reduceres tidsforbrug ved service og fejlfinding markant.

I denne sammenhæng bliver digitale tvillinger mindre et spørgsmål om visualisering og mere et spørgsmål om operationel anvendelighed.

Hvornår giver digitale tvillinger mening?

En af de mest interessante erkendelser fra nyere undersøgelser er, at digitale tvillinger ikke nødvendigvis skaber mere værdi, jo mere detaljerede de bliver.

Tværtimod oplever mange driftsorganisationer, at værdien aftager efter et vist punkt.

Der opstår dermed et såkaldt break-even-punkt:

Det punkt, hvor den ekstra værdi, som mere detaljerede modeller og data skaber, bliver mindre end omkostningen ved at etablere og vedligeholde dem.

I praksis betyder det, at:

// Som led i et forskningsprojekt under Anvendt Erhvervsforskning på UCL Erhvervsakademi og Professionshøjskole indledte vi med et litteraturstudie for at indkredse og definere begrebet digital tvilling i en dansk kontekst. Internationalt beskrives en digital tvilling typisk som en dynamisk og realtidsforbundet digital repræsentation af et fysisk objekt eller system //

- ikke alle rum behøver detaljeret modellering
- ikke alle komponenter behøver sensorer
- ikke alle data er relevante for drift
- ikke alle modeller skal opdateres kontinuerligt.

Flere erfaringer peger faktisk på, at den største driftsværdi ofte opstår omkring niveau 2:

En opdateret og lokationsbaseret digital repræsentation med fokus på de installationer og data, der reelt anvendes i driften. Her opstår gevinsterne typisk gennem:

- hurtigere adgang til information
- reduceret fejlsøgningstid
- bedre beslutningsgrundlag
- forbedret vedligeholdelsesplanlægning
- mere effektiv energistyring.

Derimod bliver avancerede realtidsintegrationer og AI-baserede funktioner ofte vanskelige at implementere organisatorisk – særligt hvis driftsorganisationen ikke er moden til at anvende dem.

AI kan ændre spillereglerne

Selvom mange digitale tvillinger i dag stadig befinder sig på et relativt basalt niveau, peger udviklingen inden for kunstig intelligens på, at dette kan ændre sig hurtigt.

AI-baserede værktøjer forventes blandt andet at kunne:

FlexShaft® KM-1004 FRÆSEMASKINE

RIDGID

VÆLG DET RIGTIGE TILBEHØR

①

FRÆSNING

FRÆSNING OG
AFKALKNING

②

RENGØRING

REPARATIONER &
VEDLIGEHOLDELSE

③

RELINING

GENOPRET AF SKÅRNE
LEDNINGER

RIDGID Scandinavia a/s, Drejergangen 3C, DK-2690 Karlslunde, Denmark
Tel: 80 88 73 55 • RIDGID.scandinavia@emerson.com • RIDGID.dk



► *Fortsat*

- automatisere opdatering af BIM-modeller
- koble sensordata direkte til digitale modeller
- identificere driftsafvigelser automatisk
- understøtte predictive maintenance
- optimere HVAC-drift løbende
- analysere energiforbrug i realtid.

Særligt kombinationen mellem AI og reality capture-teknologier kan blive afgørende. Her kan laserscanning, fotogrammetri og sensordata potentielt bruges til automatisk at opdatere den digitale tvilling, så forskellen mellem den projekterede model og den faktiske bygning reduceres. Det kan blive et vigtigt gennembrud for både commissioning, renovering og drift. Men teknologien ændrer ikke ved et grundlæggende forhold: Digitale tvillinger skaber kun værdi, hvis de understøtter konkrete driftsmæssige behov.

Hvad betyder det for HVAC-branchen?

For rådgivere, entreprenører og driftsorganisationer inden for HVAC rejser udviklingen flere centrale spørgsmål. Det bliver disse spørgsmål, der bliver omdrejningspunktet for det næste projektforsøg, vi laver i samarbejde med Anvendt Erhvervsforskning og Facility-afdelingen på UCL.

1. Hvilke data er faktisk værdifulde?

Der er behov for langt større fokus på, hvilke informationer driftspersonalet reelt anvender.

Mange projekter producerer store mængder data uden klart formål.

I stedet bør fokus være på:

- relevante driftsdata
- entydig lokation
- sammenhæng mellem komponenter
- enkel adgang til dokumentation
- integration med eksisterende FM- og CTS-systemer.

2. Hvem har ansvaret for den digitale tvilling?

En digital tvilling er ikke et statisk produkt.

Hvis modellen ikke opdateres løbende, mister den hurtigt værdi.

Det betyder, at bygherrer og driftsorganisationer i højere grad må tage stilling til:

- ejerskab
- vedligeholdelsesansvar
- opdateringsstrategi
- ressourcer
- governance.



Scanning indefra.

3. Hvordan undgår branchen overdigitalisering?

Der eksisterer en reel risiko for, at digitale tvillinger bliver drevet af teknologi frem for behov.

Mange projekter risikerer derfor at investere betydelige ressourcer i løsninger, som driften aldrig får reel værdi af.

Det understreger nødvendigheden af tidligt at definere:

- formål
- use-cases
- succeskriterier
- organisatorisk modenhed.

Fra teknologi til værdiskabelse

Digitale tvillinger rummer et betydeligt potentiale for HVAC- og FM-branchen.

Særligt inden for:

- energieffektivitet
- bæredygtighed
- driftsoptimering
- dokumentation
- indeklimastyring
- vedligehold.

Men erfaringerne peger samtidig på, at branchens største udfordring ikke nødvendigvis er manglende teknologi.

Udfordringen er i høj grad at skabe:

- valide data
- sammenhængende processer
- tydelige krav
- organisatorisk forankring
- klare formål.

Fremtidens digitale tvillinger bliver derfor sandsynligvis ikke de mest komplekse modeller – men de mest anvendelige.

For HVAC-branchen bliver opgaven dermed ikke blot at digitalisere bygninger, men at sikre at digitaliseringen skaber reel og dokumenterbar værdi i driften.



Scanning.

Og måske er det netop her, den vigtigste erkendelse ligger:

En digital tvilling er ikke værdifuld, fordi den er digital.

Den er værdifuld, når den gør bygningen lettere at drive, mere energieffektiv og mere forståelig for de mennesker, der skal arbejde med den hver dag.

Perspektiv

I takt med stigende krav til bæredygtighed, energieffektivitet og dokumentation vil behovet for bedre digitale beslutningsgrundlag vokse.

Her kan digitale tvillinger blive en central teknologi – særligt hvis HVAC-branchen formår at koble teknologisk udvikling med praktisk driftsværdi. Vejen frem handler derfor sandsynligvis mindre om at skabe perfekte virtuelle kopier af bygninger og mere om at udvikle intelligente, driftsorienterede og formålsbestemte digitale værktøjer.

Det er måske først dér, at digitale tvillinger for alvor bliver relevante for den brede danske bygge- og installationsbranche.

Projektdeltagere fra UCL

Lars Duelund Petersen
Mikkel Toppel Andersen
Ronald Ed Toliver
Kasper Egel Andersen.