

Jan Kerdèl, senior consultant, Kerdèl Business Development; Pieter Pauwels, dr. ir.-arch., TU Eindhoven

# Digitalisering van de installatiesector: Naar voorspellende slimme gebouwen!

*De installatiesector digitaliseert! Net als in de rest van de bouwsector heeft digitalisering en innovatie van systemen een steeds grotere impact op de HVAC- en installatiesector. Vergaande evoluties in de richting van 'digital twins' en 'smart buildings', inclusief predictive maintenance strategieën en centraal gekoppelde systemen, zorgen ervoor dat de installatiesector voor een volgende digitaliseringslag staat, of eerder voor een AI (r)evolutie.*

*Mede om die reden is 'digitalisering' een belangrijk thema op het aankomende REHVA Wereldcongres CLIMA 2022. Dit is het toonaangevende internationale wetenschappelijke congres op het gebied van verwarming, ventilatie en airconditioning (HVAC). Het congres wordt elke 3 jaar georganiseerd door een van de aangesloten verenigingen van REHVA; en de aanstaande editie wordt volgend jaar in Nederland georganiseerd door TVVL, in samenwerking met de Technische Universiteit Delft en de Technische Universiteit Eindhoven. Naast het thema Digitalisering, omvat CLIMA 2022 ook de thema's Energie, Circulariteit, Gezondheid & Comfort, en Opleidingen.*

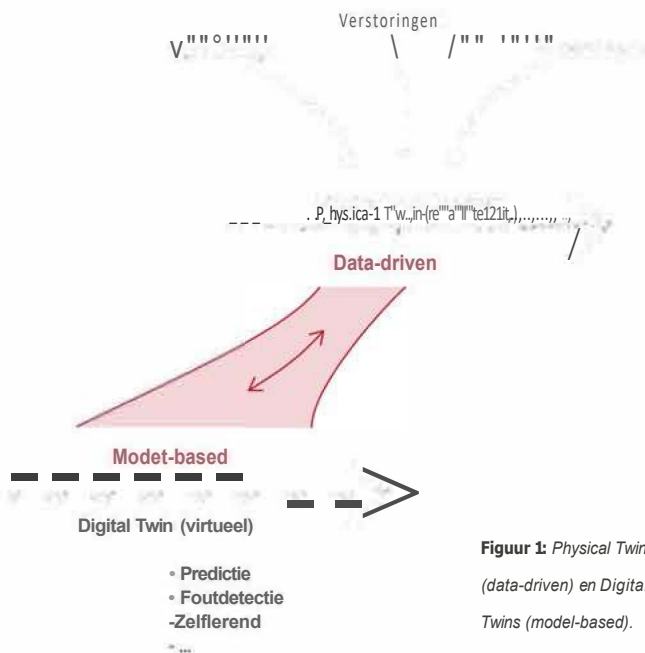
*Hoe zullen huidige eisen en invloeden evolueren van nu tot 2030? Welke inzichten krijgen we? Hoe verhouden de thema's zich tot elkaar? Zullen ze elkaar versterken of fvertragen? En hoe verhoudt de impact van klimaatinstallaties zich tot het bouwproces en andere invloeden? Welk onderwijs en leren is nodig? Met deze vragen in het achterhoofd zal CLIMA 2022 zijn BYE ON 2030 hebben.*

Digitalisering is dus natuurlijk een belangrijk thema in CLIMA 2022. Echter, digitalisering is in de meeste gevallen geen op zichzelf staand thema: het staat vaak ten dienste van grotere vraagstukken. Zonder twijfel zullen andere congres thema's hiervan gebruik maken om complexe onderzoeken te kunnen uitvoeren of vraagstukken op te lossen. Ook bij het ontwerp en de exploitatie van installaties speelt digitalisering een onmiskenbare rol. En ook hier staat het typisch ten dienste van specifieke doelen (e.g. systeemoptimalisatie). Navolgend geven we een kort overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen in deze vorm van digitalisering voor de HVAC sector.

Digitale oplossingen die de energietransitie in de gebouwde omgeving stimuleren, zijn een zeer belangrijk thema. Oplossingen op het gebied van (predictive) digital twinning, datagedreven slimme gebouwen, datamanagement en continuous commissioning staan in veel bedrijven en organisaties hoog op de agenda. Tegenwoordig moeten digitale oplossingen daarbij een breed scala aan HVAC-systemen aankunnen en zelflerend zijn in het detecteren van trends en procesafwijkingen. Terwijl huidige systemen vaak concentreren op monitoring, wordt het duidelijk dat de toekomst ligt in het predictief inplannen van interventies op basis van aanbevelingen vanwege een AI-systeem.

Er wordt verwacht dat voor een fysiek gebouw in de realiteit (Physical Twin in Fig. 1) een aantal sensoren en actuatoren actief data zullen monitoren. In deze omgeving wordt dus op een data-gedreven manier gewerkt aan monitoring en surveillance. Aan de digitale zijde daarentegen is een virtueel model beschikbaar (Digital Twin) dat typisch sterk modelgebaseerd is. Een informatiemodel en/of voorspellingsmodel (e.g. neurale netwerk) is digitaal beschikbaar, incl. een aantal gesimuleerde scenario's, en die worden vergeleken met de input uit de datagedreven Physical Twin. Door deze vergelijking te maken is het mogelijk om aan predictie, foutdetectie, en zelfleren te doen (Fig. 1). Op deze manier worden modelgebaseerde aanpak (model-based) en datagedreven (data-driven) aanpakken gecombineerd, wat een zeer krachtig potentieel middel en belangrijk AI onderzoeksonderwerp behelst, ook voor HVAC-systemen.

Bovenstaande ambities brengen de evolutie naar dynamische HVAC-systemen ook onder digitaliseringsdruk. Alleenstaande of geïntegreerde oplossingen zijn mogelijk, en een systeem en wereld zoals aangegeven in Fig. 1 zijn zeker te realiseren en op verschillende plaatsen al



een realiteit. Echter bestaan er enkele belangrijker randvoorwaarden of zelfs obstakels om dit op een schaalbare manier op de markt te plaatsen (prestaties, kostprijs, snelheid):

- Zo moeten systeemarchitecturen ook grootschalige implementatie aankunnen met diverse hardware (bekabelde en draadloze oplossingen, IoT, cloudoplossingen, blockchain-technologieën), en moeten zij tegelijk flexibel zijn om continue veranderingen op te kunnen vangen (extra sensoren, nieuwe gebruikers, verandering van provider, etc.).
- Naast deze grootschalige en flexibele infrastructures zijn er in de wereld van smart buildings ook bewakingsstrategieën nodig die de kloof overbruggen tussen gebouwautomatiserings- en regelsystemen (BACS) en bouw-informatiemodellering tools (Building Information Modeling - BIM).
- Ook heeft de recente COVID-pandemie geleid tot onderzoek naar digitaal gericht ontwerp, monitoring en controle van ventilatiesystemen, in relatie tot algemeen comfort en gezondheid. Dit omvat machine learning (ML) algoritmen voor foutdetectie en diagnose, patroonherkenning en anomaliedetectie: trainen van een model op basis van sensordata; voorspelling aan de hand van model; interventies in het gebouwstelsel.

Mits bovenstaande evoluties binnen het HVAC-domein wordt verwacht dat de levensduurkosten van een gebouw beter te beheersen zijn, dat het comfort van de bewoner of gebruiker verbetert, en dat het systeem beter te controleren en onderhouden kan worden.

### CLIMA2022 Eye on Digitization

Binnen Clima2022 zetten we in op enkele belangrijke digitaliseringsonderwerpen (Fig. 2).

Gebouwbeheersystemen voor energieprestaties Innovaties zijn een voorwaarde om te komen tot beter presterende gebouwen. Dit zijn gebouwen die zich aanpassen aan het veranderende klimaat, op een intelligente manier optimaal comfort bieden en idealiter ook energie produceren (net positive buildings). De innovaties worden in de eerste plaats verwacht vanuit het gebouwbeheersysteem (BMS), waarin een centraal referentiepunt wordt bijgehouden voor een specifiek gebouw (model-based en data-driven - Fig. 1). Op basis daarvan kan een gebouwbeheersysteem actief interventies uitvoeren in het gebouw.

Op het gebied van energiebeheer voor gebouwen dient ook positieve energie mogelijk te worden. Oplossingen in deze richting worden verwacht op het gebied van (voorspellende) digitale twinning en datagedreven slimme gebouwen, waarbij de gebouwprestaties real-time worden gemonitord en getoond door middel van dashboards die gebouwgegevens en meetwaarden (time series) in relatie brengen. Recente ontwikkelingen koppelen dit aan informatiemodellen en metadatastandaarden voor databeheer zoals de Industry Foundation Classes (IFC), Linked Building Data (LBD), Brick, en Haystack.

#### Nieuwste ontwikkelingen zijn:

- Energietransitiemaatregelen voor bestaande bouw
- Net positive building-ontwikkelingen
- Gebouwprestatiebewaking met Digital Twins
- Data-Driven Smart Buildings: monitoring op basis van tijdreeksgegevens
- Linked Building Data voor Digital Twinning (LBD, Brick, Haystack, etc.)

**Gebouwbeheersystemen voor energieprestaties**

**Ontwerp voor automatisering: van BIM-modellen tot BACS**

## Digitalisering

**HVAC-regeling en gezondheidsbewaking**

**Integratie en gezondheidsbewaking: Upgrade van gebouwen**

Figuur 2: Thema Digitalisering op Clima 2022.

Ontwerp voor automatisering:  
van BIM-modellen tot BACS

Moderne gebouwen hebben typisch een Building Information Model of BIM-model beschikbaar. Een dergelijk semantisch 3D-model staat architecten, ingenieurs en bouwprofessionals toe om een gebouw beter en efficiënter te plannen, ontwerpen, bouwen en beheren. Echter, het BIM-model blijft doorgaans beperkt tot de ontwerp- en bouwfase. Dit betekent dat waardevolle informatie in de operationele fase ofwel dooreen ander dedicated beheersysteem wordt verzameld of (niet zelden) verloren gaat.

Onderzoek en ontwikkeling tracht deze kloof te dichten die nog bestaat tussen BIM en Building Automation and Control Systems (BACS). De informatie die beschikbaar is in het BIM-ontwerpmodel, zou een excellente basis kunnen vormen voor de opstart en ontwerp van het regeltechnisch ontwerp in een BACS. Aangezien de oriëntatie van het gebouw, het ruimtegebruik, het gebruiksdoel en de gewenste comfortklassen bekend zijn, zouden BIM-routines kunnen worden ontwikkeld om BACS-oplossingen en regelstrategieën voor te stellen. Er moeten monitoringstrategieën volgen om de kwaliteit te behouden en de kosten gedurende de levensduur te beheersen. Informatie uit BIM-modellen kan hierbij uitgroeien tot een basisreferentie voor het uitwerken van een kostenbeheersing over de levenscyclus van een gebouw.

**Nieuwste ontwikkelingen zijn:**

- BIM voor ontwerp van klimaatbeheersing binnenshuis
- Gebouwautomatisering ontwerpen vanuit BIM-omgevingen (BIM & BACS)
- Automatisering van onderhoud en monitoring: zelfvoorzienende gebouwen
- Van data naar besluitvorming: standaarden en best-practices
- Ontwerp voor facilitair beheer
- Digitalisering van ontwerp en engineering van HVAC-installaties



HVAC-regeling en gezondheidsbewaking

Met name na het uitbreken van de corona-pandemie is veel onderzoek gericht op het opnieuw bekijken van ventilatiestrategieën en het ontwerpen, bewaken en beheersen ervan. Dit leidt tot een intensief onderzoekstraject naar de rol van ventilatie in comfort- en gezondheidsmonitoring in een gebouw. Ook binnen Clima2022 worden verschillende bijdragen verwacht rond het digitaal gericht onderzoek naar het ontwerpen, bewaken en regelen van ventilatie in een gebouw in geval van een pandemie.

Verder wordt de inzet van AI-technieken voor dit doel aangemoedigd, met name het gebruik van AI-algoritmen voor foutdetectie en diagnose, maar ook patroonherkenning en anomaliedetectie in gebouwgebruik en HVAC-systemen. Daarbij is het zaak om deze digitale technologieën te gebruiken voor kritische controle- en risicobeperkingsstrategieën, en niet voor het signaleren van elke minimale foutmelding of afwijking binnen toleranties. In plaats van alle beschikbare informatie te tonen, is de kernvraag hoe deze technieken kunnen worden gebruikt om proactief te voorspellen waar en hoe systemen zullen falen en hoe dit risico beperkt kan worden.

**Nieuwste ontwikkelingen zijn:**

- Ventilatiestrategieën bij pandemieën (ontwerp, monitoring, controle)
- Gezondheids- en comfortbewaking
- Patroonherkenning en anomaliedetectie in gebouwgebruik
- AI-algoritmen voor foutdetectie en diagnose
- AI voor kritische controle- en risicobeperkingsstrategieën (proactief versus reactief)

### Integratie in bestaande gebouwen: Upgrade van gebouwen

Gebouwen en de energie-infrastructuur ondergaan een transitie naar een koolstofvrije samenleving tegen het jaar 2050 (Parijsakkoord 2015). De aanpak verschilt van land tot land: in landen met een gematigd klimaat is de gebouwschil vaak van onvoldoende kwaliteit en is vernieuwing of opwaardering van die gebouwschil noodzakelijk. Daarnaast worden vakerverwarmings- en koeloplossingen op lage temperatuur (LT) geïmplementeerd, maar deze zijn gevoeliger voor storingen. Om deze systemen gepast in te kunnen zetten en renovatie mogelijk te maken, moet grootschalige monitoring tegen een betaalbaar kostenniveau worden ontwikkeld om commerciële gebouwen continu te bewaken.

Onderzoek op dit onderwerp is typisch gericht op het proces van gebouwverbetering en stelt nieuwe uitdagingen voor het gebouwbeheer; en ook dit onderwerp wordt verwacht op Clima 2022. Oplossingen moeten in staat zijn om een breed scala aan HVAC-systemen aan te kunnen en zelflerend te zijn in het detecteren van trends en procesafwijkingen. In het renoveren en implementeren van systemen moeten systeemarchitecturen een grootschalige implementatie omvatten. Zowel bekabelde als draadloze oplossingen zijn mogelijk, en in het geval van het implementeren van IoT in een gerenoveerd gebouw is een professionele benadering van IoT (IoT als kwaliteitsstandaard) aan te bevelen (laagste risiconiveau).

#### Nieuwste ontwikkelingen zijn:

- IoT en industrieel IoT (IIoT)
- Cloudoplossingen voor gebouwbeheer (o.a. Kubernetes, MS Azure)
- Beveiliging, controle en autorisatie in cloudgebaseerde BMS-systemen
- Edge computing: computergebruik op het apparaat voor gebouwautomatisering
- LoRa en LoRaWAN: leren van verbonden en IoT-apparaten
- Lokale netwerken, WiFi-netwerken en 5G-netwerken in ingebouwde infrastructuur

## Terminologie

- **Digitalisering:** converteren van informatie in een (voor een computersysteem bruikbaar) formaat
- **Digital Twin:** Digitale representatie van het werkelijke besturingsproces van een installatie of systeem. Het wordt tegelijk met het werkelijke model ontwikkeld. Verschillen in de afloop kunnen wijzen op fouten in het ontwerp, de bouw en het gebruik (exploitatie). Ook kan het model worden gebruikt om een uitbreiding of wijziging te simuleren.
- **Building Energy Management System (BEMS):** Energieregistratie en beheersysteem. Een minimale uitvoering is bij wet voorgeschreven bij een gasgebruik >25.000 m<sup>3</sup> en/of een stroomgebruik van 50.000 kWh jaarlijks.
- **Building Automation & Control System (BACS):** Een systeem voor het automatiseren (regelen en besturen) en het technisch beheren van installaties in een gebouw. In Nederland wordt dit een gebouwbeheersysteem (GB5) genoemd.
- **Building Information Modeling (BIM):** Een systematiek voor het opzetten en beheren van informatie voor een bouwproject.
- **Smart Building:** Een gebouw dat voldoet aan de gestelde eisen door middel van zelfstandige intelligente besturing van de technische installaties. Systemen houden rekening met zowel interne als externe factoren. Zelflerende en samenwerkende systemen vormen de basis. Controlemechanismen bewaken doelmatigheid, werking, veiligheid, energie en energie-grids. Voor de gebruiker geldt (nadrukkelijk), dat aan specifieke gebruikerswensen wordt voldaan.
- **Brick en Haystack:** Data-analyse in gebouwen in relatie tot energiegebruik en/of kosten van onderhoud speelt een grote rol in het optimaliseren. Brick en Haystack vormen een semantische brug tussen de HVAC-ontwerpen en de data-analist.
- **Linked Building Data:** Methode om gebouwd data als semantisch betekenisvolle linked data beschikbaar te maken op het web.
- **Foutdetectie en diagnose (FDD):** Een methode (herkomst chemische industrie) om abnormale situaties te identificeren. Het samenvallen van diverse (soms vele) omstandigheden kan naderen tot, of leiden tot, een situatie die procesafwijking, risico of kostenoverschrijding tot gevolg heeft. Het systeem diagnosticeert en adviseert.
- **Machine Learning (ML):** Een technologie die data-analyse en het gebruik van algoritmen combineert. Een ML-systeem leert van de resultaten van voorafgaande beslissingen of berekende waarden. ML maakt deel uit van AI-technologieën.
- **Artificial Intelligence (AI):** een nabootsing van de menselijke intelligentie.