

Titel

Renoveren – een transformatie vraagstuk in de richting van industrialisatie en digitalisatie

~~Abstract~~

Om de gestelde klimaatdoelen in 2050 te halen moet een groot deel van de bestaande woningvoorraad grondig gerenoveerd worden. Gezien de benodigde schaal en de vereiste om flexibiliteit te handhaven, moet er een verschuiving plaats vinden naar industrialisatie en mass-customization. Deze verschuiving kan echter alleen bewerkstelligd worden door een waardeketen te ontwikkelen waarin actoren, processen en logistiek op een andere manier ingericht worden.

Auteurs

- (1) Ir. W (Wouter) van Groesen - PDEng Trainee, ISBE, Technische Universiteit Eindhoven
- (2) Dr. Ir.-Arch. P (Pieter) Pauwels - Associate Professor, ISBE, Technische Universiteit Eindhoven

~~1. Introductie~~

In dit artikel wordt een lopend onderzoek besproken met een focus op het herinrichten van processen en logistiek om grootschalige renovatie mogelijk te maken. Dit onderzoek naar de transformatie van de renovatieketen wordt samen met VolkerWessels Bouw en Vastgoedontwikkeling Zuid¹ en is onderdeel van het project Integrale Energietransitie Bestaande Bouw IE² uitgevoerd binnen het consortium BTIC. Ten eerste wordt er een korte introductie gegeven van de renovatiemarkt en de scope van het uitgevoerde onderzoek in sectie 2. Daarna wordt het begrip mass-customization toegelicht en worden de benodigde strategische transitieën besproken in sectie 3. Vervolgens wordt in sectie 4 de analyse van huidige renovatieprocessen via simulaties besproken waarbij verschillende bottlenecks geïdentificeerd zijn. De nadruk van het artikel ligt echter op de ontwikkeling van een activiteitschema voor een renovatieketen die mass-customization mogelijk maakt en wordt besproken in sectie 5. In sectie 6 worden de voorlopige conclusies gepresenteerd en wordt het toekomstige werk binnen het IE² project besproken.

~~2. Renovatiestrategieën op de renovatiemarkt~~

De gebouwvoorraad die in de komende jaren gerenoveerd dient te worden is behoorlijk divers. De voorraad van 7.8 miljoen gebouwen kan daarbij opgedeeld worden in verschillende typologieën, bouwjaren en eigenaarschap [1]. Omdat woningen van voor 1950 voornamelijk geschikt zijn voor een maatwerk aanpak en omdat woningen van na 1990 vaak enkel een installatietechnische transformatie door moeten maken, ligt de focus van het lopende project naar opschaling voornamelijk op ongeveer 1.6 miljoen rijwoningen in coöperatie bezit van tussen de 1950 – 1990. Dergelijke woningen behoeven voornamelijk vergaande isolatiemaatregelen en het vernieuwen van installaties [2]. Ondanks dat dergelijke rijwoningen projectmatig aangepakt zouden kunnen worden, zijn er voor significante kostenreducties en het behalen van een grotere schaal alternatieve strategieën nodig [3].

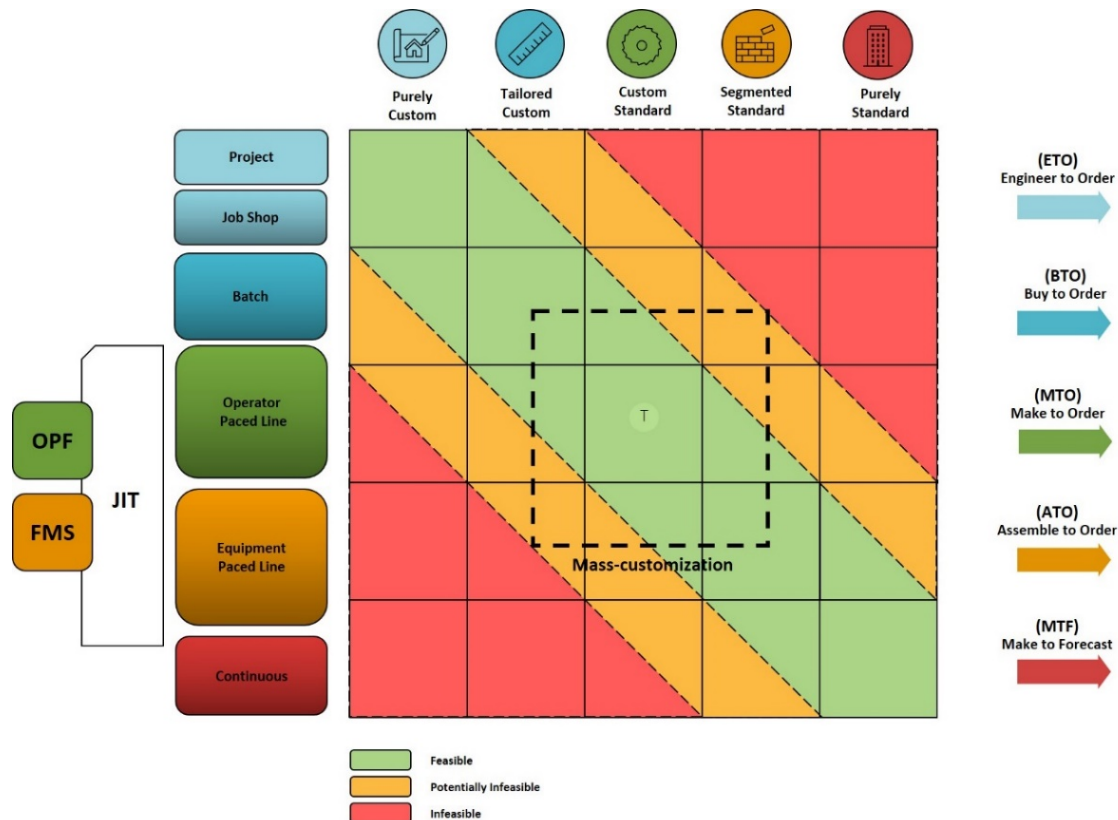
~~3. Renovatie strategieën~~

In verschillende andere industrieën zoals bijvoorbeeld in de automotive industrie, werden prijzen gereduceerd door het creëren van schaal via massaproductie. Omdat iedere woning in de beschouwde voorraad uniek is, is het nastreven van massaproductie binnen het renovatievraagstuk niet overal een optie. Om de benodigde variatie in renovatieproducten- en processen op te kunnen nemen met de

¹ www.volkerwessels.nl

² <https://btic.nu/integrale-energietransitie-bestaande-bouw/>

voordelen van massaproductie, wordt mass-customization vaak aangeduid als potentiële oplossing [4]. Mass-customization houdt in dat we een set standaardproducten produceren waarin maatwerkcomponenten of keuzecomponenten verweven zitten die met de efficiëntie van massaproductie geproduceerd worden. Het bereiken van mass-customization in de renovatie keten is niet mogelijk door het op zichzelf staand standaardiseren van producten of het ontwikkelen van geautomatiseerde productiefaciliteiten [5]. Omdat mass-customization juist te bereiken is door: (1) product, (2) proces en (3) waardeketen strategieën op elkaar af te stemmen, is allereerst de samenhang tussen het hiervoor benoemde onderzocht [6][7]. De combineerbaarheid van deze productiestrategieën (links), product strategieën (boven) en waardeketen configuraties (rechts) wordt weergegeven in **Figuur 1**.



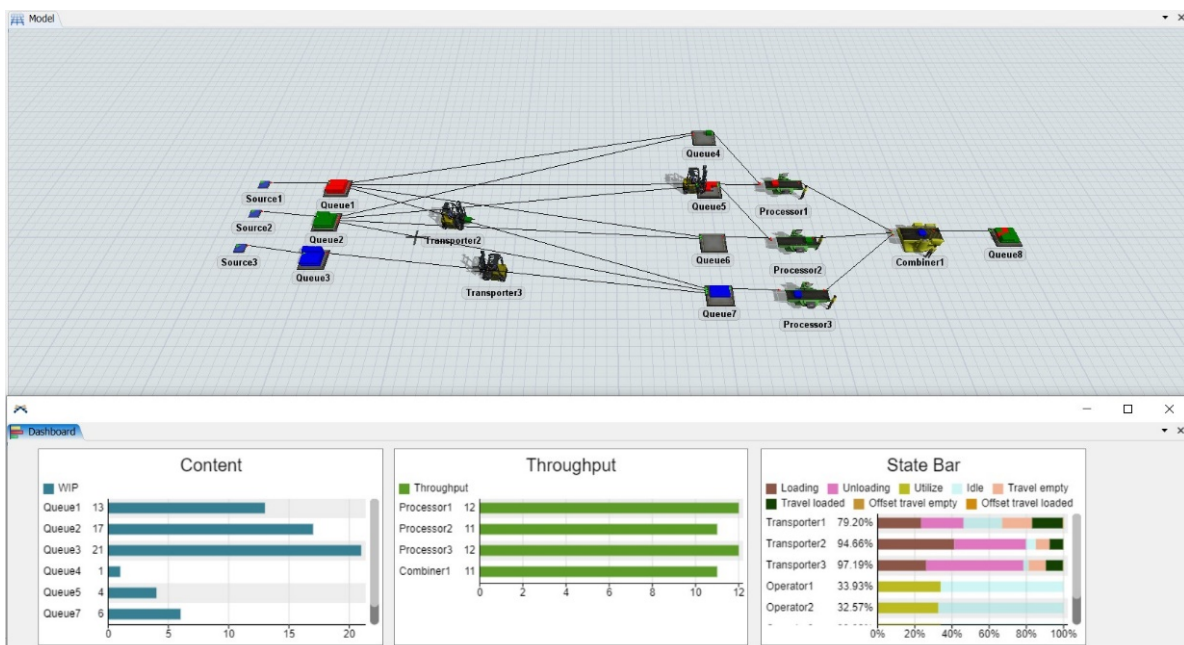
Figuur 1: Strategie configurator en positie mass-customization

In bovenstaand figuur wordt de centrale positie van mass-customization weergegeven waarbij volledig maatwerk zich linksboven en massaproductie zich rechtsonder bevindt. Daarom kan er gesteld worden dat voor het behalen van schaal en prijsvoordeel op de renovatiemarkt de productie van gedeeltelijk configureerbare producten of concepten van belang is (custom standard). Dit houdt in dat men zich zou moeten focussen op de productie van een beperkte set standaardproducten waarin men flexibiliteit biedt op de plaatsen waar dit een markt vereiste is [8]. Voor de renovatiemarkt houdt dit in dat aannemers en fabrikanten samen concepten samenstellen (bijvoorbeeld uitwendig isoleren) die toepasbaar zijn op een groot deel van de markt (bijvoorbeeld rijwoningen uit de jaren 60). Binnen de standaard producten in zo'n concept biedt men vervolgens variatie (bijvoorbeeld soorten gevelafwerkingen of zonnepanelen). Behalve het vormen van concepten voor een bepaald segment in de markt, dienen producten vervolgens op de juiste manier geproduceerd te worden. Dit houdt in dat men toegewijde lijnen en assemblageteams dient te realiseren met concept-specifieke apparatuur en human resources [9]. Uiteraard dient hier ook de uiteindelijke installatie van deelcomponenten in een concept op de bouwplaats beschouwd te worden.

2 4. Simulatie huidige renovatieketen

Aangezien de haalbaarheid van het veranderen van producten en productieprocessen afhangt van de markt, partijen en activiteiten verbonden aan een waardeketen, is er naast toepasbare strategieën eveneens onderzoek verricht naar de huidige en toekomstige activiteiten in een dergelijke keten. Allereerst is er onderzocht welke activiteiten uitgevoerd worden tijdens een renovatieproject en hoelang deze activiteiten duren. Daarnaast zijn deze kenmerken ook onderzocht binnen de productie van gevelelementen, dakelementen en de processen van uitvoerende aannemers. Op basis van verschillende stroomschema's van activiteiten, tijdsmetingen en interviews, zijn er vervolgens digitale simulatiemodellen vervaardigd die de huidige situatie weergeven. Binnen deze simulatiemodellen is het mogelijk om processen dynamisch na te bootsen zonder het daadwerkelijke proces te verstoren zoals weergegeven in **Figuur 2**.

Door middel van deze simulatiesoftware is het mogelijk om de werkelijke capaciteit in een renovatieketen, individuele productiefaciliteiten of op de bouwplaats accuraat in te schatten [10]. Ook is het mogelijk om optimalisatie-scenario's uit te voeren om vast te stellen wat de potentiële capaciteit van een proces is. Uit simulaties van de activiteiten in de renovatie keten, huidige productieprocessen en de bouwplaats, komt naar voren dat assemblageteams op het huidige tempo gemiddeld 2,38 en tot maximaal 3 renovatieprojecten per jaar kunnen realiseren. Uitgaand van 50 woningen per project zou het maximum daardoor jaarlijks op 150 woningen per uitvoeringsteam liggen terwijl er ruim 55.000 rijwoningen per jaar gerenoveerd dienen te worden. Omdat de middelen (o.a. arbeidskrachten) en vraag ontbreken om ruim 367 teams op de bouwplaats draaiende te houden, zijn 150 woningen per assemblageteam onvoldoende. Verder kon er vastgesteld worden dat maatwerk dak-en-gevelfabrikanten jaarlijks in staat zijn om voor 260 woningen per lijn te produceren waar dit voor fabrikanten van standaard varianten oploopt tot 1050 woningen. Desalniettemin is de huidige capaciteit ontoereikend om de gestelde doelen voor 2050 te halen en is er onderzoek verricht naar de bottlenecks in het huidige renovatietraject.



Figuur 2: Voorbeeld van een discrete event simulatiemodel in FlexSim³

³ <https://www.flexsim.com/>

~~4.1 Bottlenecks in huidige keten~~

als er geen 4.2 is, dan heeft 4.1 geen zin -
gewoon weglaten

Als eerste kan er geconcludeerd worden dat de tijdsduur van de realisatiefase op de bouwplaats (gemiddeld 109 dagen) de grootste beperkende factor is. Dit is voornamelijk te wijten aan: (1) gebrekkige planbaarheid van werkzaamheden, (2) afstemmingsproblemen tussen partijen in het voortraject, (3) vertragingen in voorgaande fases, (4) ontwerpfouten die tot uiting komen in de uitvoering en (5) efficiëntieverliezen op de bouwplaats zelf. Wanneer deze bottlenecks opgelost zouden worden ontstaat er meer assemblage capaciteit. Omdat deze capaciteit resulteert in een grotere behoefte aan ontworpen en geproduceerde elementen, ontstaan er nieuwe bottlenecks in het engineeringstraject en de productiefaciliteiten van toeleveranciers. Naast bottlenecks in de productie en uitvoering, wordt het huidige tempo mede bepaald door langdurige afstemming binnen ontwerptrajecten, langdurige vergunningstrajecten en de verwerving van draagvlak onder de huurders van coöperaties. Uit deze analyse van de huidige praktijk kan er geconcludeerd worden dat: (1) het huidige tempo onvoldoende is om klimaatdoelstellingen te halen, (2) optimalisatie van de huidige situatie onvoldoende additionele capaciteit verschaft en (3) marktomstandigheden (fluctuaties en variaties aan te vraagzijde) te turbulent zijn om de benodigde investeringen voor een transitie naar mass-customization te rechtvaardigen. Kortom, op basis van deze uitkomsten kan gesteld worden dat voor de benodigde transitie de markt, de gehele renovatieketen en geïncludeerde activiteiten herzien en op elkaar afgestemd zullen moeten worden.

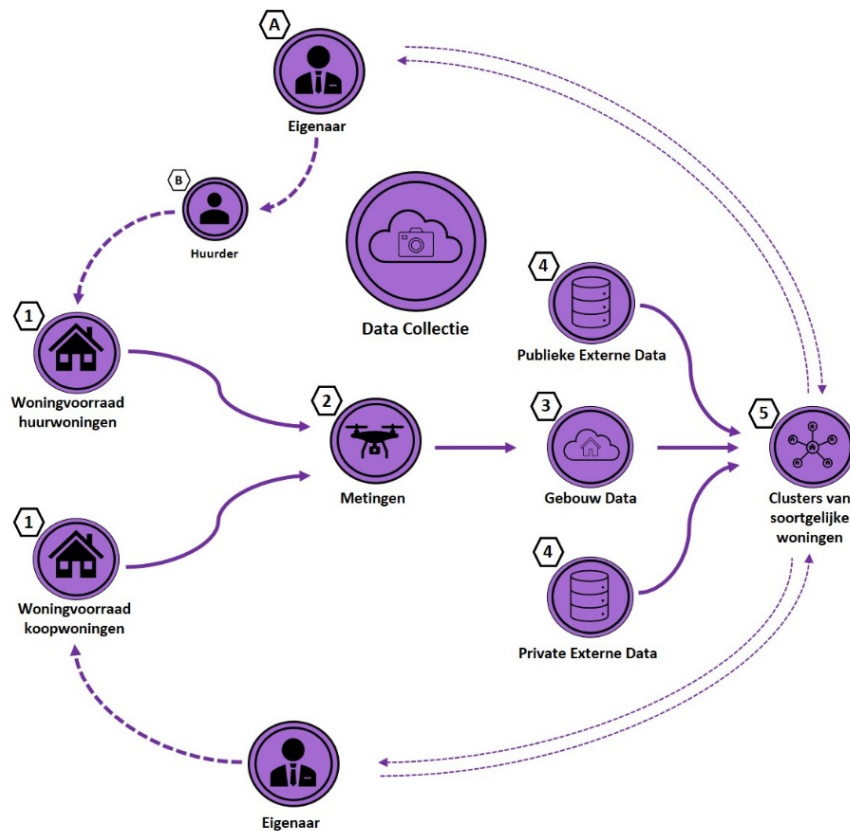
5. Voorgestelde renovatieketen

Om industrialisatie in de renovatie-industrie te kunnen bewerkstelligen, zijn er nieuwe marktcondities, koppelingen tussen vraag en aanbod, processen, logistieke modellen, activiteiten en partijen nodig. Het huidige deel van het verrichte onderzoek naar opschaling richt zich derhalve op de ontwikkeling van een waardeketen waarin industrialisatie gefaciliteerd wordt. Deze waardeketen, de geïncludeerde activiteiten en betrokken partijen zullen daarom verder toegelicht worden in dit artikel. De acquisitie en verwerking van data met betrekking tot de bestaande woningvoorraad wordt eerst besproken in sectie 5.1. Aangezien vraagbundeling en afstemming met aangeboden renovatieconcepten plaats kan vinden op basis van deze data, wordt de koppeling tussen vraag en aanbod beschreven in sectie 5.2. Vervolgens worden vergaande automatisatie van engineering en de industriële productie van componenten besproken in sectie 5.3. In sectie 5.4 wordt tot slot de logistiek naar bouwplaatsen en uiteindelijke assemblage besproken.

5.1 Data acquisitie fase

Aangezien vraag ontstaat op de markt en omdat de benodigde data met betrekking tot woningen zichzelf hier bevindt, vangt de voorgestelde situatie aan met datacollectie zoals weergegeven in **Figuur 3**. De huidige voorraad rijwoningen kan verdeeld worden tussen huurwoningen in het bezit van coöperaties/beleggers en koopwoningen in het bezit van particulieren. In de huidige situatie wordt er in verschillende stadia voor en na eventuele gunning van een renovatieproject data (bijvoorbeeld afmetingen) verzameld om prijsvorming, engineering en uiteindelijk productie mogelijk te maken. In de voorgestelde situatie wordt er echter gepleit voor het vervroegd verzamelen van gedetailleerde data aangaande bestaande situaties voor aanvang van het gehele proces. De aanwezigheid van dergelijke data maakt het mogelijk vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen, de betrouwbaarheid van prijsaanbiedingen te verhogen en snelheid van engineering en productie significant te verhogen. Deze data is vervolgens een accurate weergave van een woning die digitaal gekoppeld kan worden aan een adres. Naast de verzameling van nieuwe data, wordt er gepleit voor het centraliseren en/of linken van deze data aan beschikbare externe publieke/private data. Op basis van de karakteristieken van alle opgenomen woningen, kan er gecalculeerd worden welke woningen

een gelijksoortige aanpak behoeven. Deze woningen kunnen vervolgens geclusterd worden om tot een selectie van toepasbare concepten te komen en eventueel gezamenlijk koppeling te zoeken met de aanbodzijde.



Figuur 3: Schematische representatie van de voorgestelde datacollectie fase

5.2 Koppeling vraag en aanbod

Omdat woningen die een gelijksoortige renovatie behoeven geclusterd zijn op basis van vooraf verzamelde data, kunnen de karakteristieken van deze woningen getoetst worden aan de criteria voor toepasbaarheid van aangeboden renovatieconcepten. Een renovatieconcept houdt in dat een vast partnerschap van aannemers en fabrikanten naar buiten treedt met een vaste combinatie van producten (bijvoorbeeld uitwendige gevels, geprefabriceerde daken en installaties). Omdat een concept duidelijke grenzen heeft en dus niet zondermeer toepasbaar is op iedere bestaande situatie, kunnen clusters van woningen gekoppeld worden op toepasbare concepten. Vervolgens zijn collectieven van eigenaren in staat om een tender te organiseren tussen toepasbare concepten of om direct een concept van een aanbieder naar voorkeur te selecteren. Aangezien de grenzen en mogelijkheden binnen een concept gedefinieerd zijn, is een klant in staat om bepaalde klantkeuzes te maken binnen de geboden ruimte in een concept. Aangezien data met betrekking tot de bestaande situatie en klantkeuzes op een digitaal platform aanwezig zijn, is het voor een aanbieder van een concept mogelijk om bepaalde ontwerp parameters (bijvoorbeeld dakafmetingen, gevel afwerkingen of vereiste installatie type) van het platform te extraheren. Deze parameters en eventueel aanvullend verzamelde data kunnen vervolgens gebruikt worden om ~~met~~ een digitaal model te configureren van de bestaande en gewenste situatie. Dit stelt aanbieders in het geval van participatie aan een tender in staat om eventuele conceptaanpassingen te maken en de klant van een prijsaanbieding te voorzien. In het geval van directe selectie van een concept door de klant is een aanbieder in staat om een prijsaanbieding te doen.



Figuur 4: Parametrische configurator ontwikkeld door AplusV Solutions⁴ en ABB⁵

5.3 Engineering en productie

Wanneer een conceptaanbieder in staat is geweest om een digitaal model te configureren van de bestaande en gewenste situatie, kunnen deze modellen en aanwezige parameters doorgestuurd worden aan de componentfabrikanten in een concept. Deze componentfabrikanten van bijvoorbeeld een extern gevelproduct, prefab dakproduct of installatieproducten, zijn vervolgens in staat een componentontwerp te configureren op basis van de aanwezige parameters. Deze geconfigureerde ontwerpen kunnen vervolgens na afstemming met overige partners binnen een concept ingepland worden in de productie. Daarnaast kan de data in een dergelijk model geconverteerd worden naar materiaallijsten voor materiaalleveranciers om tot tijdige levering van materiaal te kunnen komen. Daarnaast is het mogelijk diezelfde data te gebruiken om de benodigde productiedata te genereren voor mens of machine zoals te zien is in **Figuur 4**. Door zowel de materiaalstroom als de informatiestroom voor productie op gang te brengen, wordt een fabrikant in staat gesteld over te gaan tot industriële productie voor een cluster. Dergelijke industriële productiesystemen zijn reeds beschikbaar en in sommige gevallen al (deels) gerealiseerd zoals bijvoorbeeld te zien is in **Figuur 5**.

⁴ <https://www.aplusv.solutions/nl/>

⁵ <https://global.abb/group/en>



Figuur 5: Randek ZeroLabor productiestation voor houtskeletbouw elementen⁶

5.4 Logistiek en assemblage

Omdat in sommige gevallen de componenten in geproduceerde clusters bestemd zijn voor huizen die verspreid zijn over Nederland, is het noodzakelijk om componenten die gereed zijn direct te transporteren naar de montageplaats of een lokale bouwhub in de buurt om het wegennetwerk en de bouwplaats te ontzien. Dergelijke bouw hubs zijn reeds geopend door verschillende bouwbedrijven⁷ zoals bijvoorbeeld te zien is in **Figuur 6**. Binnen een dergelijke bouwhub kunnen componenten die bestemd zijn voor een bepaalde woning samengebracht worden in een werkorder. Meerdere werkorders kunnen vervolgens samengevoegd worden om tot pakketten te komen voor dagproductie. Om werkzaamheden op de assemblageplaats te versnellen, kunnen er bepaalde pre-assemblage taken uitgevoerd worden op deze hub en kunnen (afgeroepen) dagproductiepakketten gereed gemaakt worden voor transport. Op basis van dagproductie pakketten die aanwezig zijn op een hub, kunnen (prefab)-producten op de bouwplaats samengebracht worden met de benodigde arbeid, machines en overige resources. Door deze resources en benodigde informatie met elkaar te coördineren, kan daadwerkelijke assemblage of montage plaatsvinden op de bouwplaats. Zelfsturende teams die gespecialiseerd zijn in een bepaald concept en bijbehorende methodieken kunnen desgewenst een enkel huis in een dag energetisch renoveren of meerdere componenten installeren op naburige woningen.

⁶ <https://www.randek.com/en/>

⁷ <https://www.volkerwessels.com/nl/projecten/bouwhub>



Figuur 6: Gerealiseerde BouwHub VolkerWessels

6. Conclusie en toekomstig werk

In dit artikel is besproken dat zelfs na optimalisatie huidige renovatieketens niet in staat zullen zijn om jaarlijks 55.000 rijwoningen te renoveren. Daarom zijn de nodige strategische veranderingen om mass-customization te kunnen bereiken en de implicaties hiervan op product, proces en waardeketen toegelicht. Omdat deze veranderingen operationele gevolgen hebben, is er een schema vervaardigd waarin processen, logistiek en actoren anders ingericht zijn. Omdat slechts delen van de activiteiten die voorgesteld worden om tot industriële renovatie over te kunnen gaan daadwerkelijk uitgevoerd worden, wordt er in toekomstig onderzoek aandacht besteed aan verdere uitwerking en verificatie van voorgestelde scenario's, met focus op: (1) de rollen en verantwoordelijkheden binnen de verschillende fases, (2) de benodigde resources, (3) de benodigde data en digitale infrastructuur, (4) geschatte tijdsduur van activiteiten en (5) benodigde transformaties van de huidige naar de voorgestelde situatie. Deze informatie zal uiteindelijk gebruikt worden om nieuwe dynamische simulaties uit te voeren die gebruikt kunnen worden om de potentiële capaciteit van een dergelijk proces te bepalen. Op basis van deze capaciteit en de benodigdheden voor een dergelijk industrieel proces is het vervolgens mogelijk om transformatieadvies uit te brengen aan de renovatieketens van de toekomst. Gerichte discussies over de beperkingen in onze huidige renovatieketen samen met gerichte transformaties zullen ons vervolgens in staat stellen om grote stappen te zetten in de richting van de te behalen klimaatdoelstellingen.

Samenvatting

Om gestelde klimaatdoelen in 2050 te kunnen behalen dienen 7.8 miljoen gebouwen waarvan 1.6 miljoen rijwoningen uit 1950-1990 gerenoveerd te worden. Uit een analyse naar het huidige renovatieproces blijkt dat deze doelen niet gehaald zullen worden vanwege verschillende beperkingen. Om schaalbaar en betaalbaar te kunnen renoveren dienen de markt, producten, processen en activiteiten in de renovatieketen op elkaar afgestemd te worden. In dit artikel wordt de afstemming van deze componenten om mass-customization te kunnen bereiken bediscussieert.

Trefwoorden

Renovatie, Industrialisatie, Mass-customization, Strategie, Digitale processimulaties

Bronnen

- [1] Ministerie van Buitenlandse Zaken en Koningsrelaties. (2021). Staat van de Woningmarkt 2021.
- [2] Visscher H. The Progress of Energy Renovations of Housing in the Netherlands. Proceedings of the World Sustainable Built Environment Conference (WSBE17): Transforming Our Built Environment through Innovation and Integration: Putting Ideas into Action, Hong Kong, China 2017 Jun (pp. 5-7).
- [3] BTIC. (2020). Kennis-En Innovatieprogramma Integrale Energietransitie Bestaande Bouw.
- [4] Haug, A., Ladeby, K., & Edwards, K. (2009). From engineer-to-order to mass customization. *Management Research News*.
- [5] Salvador, F., De Holan, P. M., & Piller, F. (2009). Cracking the code of mass customization. *MIT Sloan management review*, 50(3), 71-78.
- [6] Miltenburg, J. (2008). Setting manufacturing strategy for a factory-within-a-factory. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 307-323.
- [7] Jonsson, H., & Rudberg, M. (2014). Classification of production systems for industrialized building: a production strategy perspective. *Construction Management and Economics*, 32(1-2), 53-69.
- [8] Brunoe, T. D., Nielsen, K., & Jørgensen, K. A. (2012). Solution space assessment for mass customization. *MCP-CE*, 2012, 56.
- [9] Cavusoglu, H., Cavusoglu, H., & Raghunathan, S. (2007). Selecting a customization strategy under competition: mass customization, targeted mass customization, and product proliferation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(1), 12-28.
- [10] Lu, M. (2003). Simplified discrete-event simulation approach for construction simulation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(5), 537-546.