3e mijlpaalrapportage

IEBB

Openbare rapportage

Referentie TEUE919003
Datum 31 augustus 2021

3e mijlpaalrapportage consortium Integrale Energietransitie Bestaande Bouw

Rapportage over de periode: 1 januari 2021 – 30 juni 2021

Referentienummer RVO: TEUE919003
Subsidieregeling: Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma

Door: Charlotte Lelieveld, Marco Bakker, Nancy Westerlaken, thematrekkers en projectleiders.

Contact: A.C. Westerlaken
penvoerder.IEBB@tno.nl

Dit innovatieplan wordt uitgevoerd met ondersteuning vanuit de MMIP 3 en 4 regeling van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, uitgevoerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van het consortium Integrale Energietransitie Bestaande Bouw

Inhoud

Inleiding 4

Thema 1 Renovatieconcepten 6

Thema 2 Datagedreven optimalisatie van renovatieconcepten 12

Thema 3 Industrialisatie 14

Thema 4 Digitalisering 18

Thema 5 Gedragen energietransitie 23

Thema 6 Afwegingskader 27

Thema 7 Keteninnovatie 30

Thema 8 Warmtepompen 33

Thema 9 Compacte Warmteopslag 36

Inleiding

Het consortium Integrale Energietransitie Bestaande Bouw heeft als ambitie het haalbaar, betaalbaar en opschaalbaar maken van de energietransitie in de bestaande (woning)bouw. Het consortium richt specifiek op de opschaling naar 200.000 renovaties per jaar vóór het jaar 2030. Om dit te bereiken werken we verdeeld over 9 thema's, aan innovaties op het gebied van industrialisatie van renovatieconcepten (thema 1-4; MMIP 3.1 en 3.2), het transitieproces (thema 5-7; MMIP 3.3) en warmtetechnologie (thema 8 en 9; MMIP 4.1 en 4.3).

Het afgelopen half jaar heeft het consortium weer een mooie stap gezet in de realisatie van deze ambitie. Er is een mooie samenwerking in en tussen de thema's en de deelprojecten hierin. Er zijn deelprojecten afgerond, met concrete en toepasbare eindresultaten tot gevolg. Zo is er gewerkt aan een digitaal platform waarin vraag en aanbod naar renovatieoplossingen bij elkaar gebracht kunnen worden, waarbij o.a. gebruik gemaakt wordt van modulaire producten. Daarnaast is een innovatieve warmteopslag met hoge energiedichtheid (0,5 kWh/dm^3) ontwikkeld op basis van voelbare warmte. De werking is aangetoond in twee pilots, en de voorbereiding van de marktintroductie is in gang gezet. In een "student challenge" zijn nog een drietal andere nieuwe opslagconcepten uitgewerkt, allen gericht op het inpassen van warmteopslag in een beperkt woningvolume.

Ook de nog lopende deelprojecten hebben geleid tot concrete resultaten die al in de dagelijkse praktijk van onze partners worden toegepast of een goede basis vormen voor de vervolgstappen in ons innovatieplan.

Zo zijn er diverse energiezuinige, snelle en betaalbare concepten en -maatregelpakketten ontwikkeld, gericht op renovatie van de woningbouw, en is gewerkt aan het industrialiseren van productietechnieken en het digitaliseren van het renovatieproces, onder andere met behulp van 3D-geprinte renovatiepanelen en gerobotiseerde productie van BIPV-panelen.
Ook is gekeken naar de wisselwerking tussen bewonersgedrag en de interactie met renovatieconcepten door deze in 16 woningen te monitoren; de lessen hieruit worden gebruikt voor verbetering van renovatieproducten en -concepten, en op de langere termijn voor het opstellen van digital twins die het energieverbruik beter voorspelbaar maken.

Op het vlak van het versnellen van het energietransitieproces zijn het afgelopen jaar stappen gezet voor het verbeteren van de platformen die gebruikt kunnen worden om gebouweigenaren en -gebruikers te stimuleren en enthousiasmeren om energierenovaties uit te voeren, om zo ook het particuliere segment een versnelde energietransitie te kunnen laten ondergaan. Ook voor collectieve woningen is hieraan gewerkt, door een integrale afwegingsmethodiek te ontwikkelen waarmee strategische vastgoedbeslissingen op gebouw- en complexniveau gemaakt kunnen worden, en door de samenwerking in de keten te optimaliseren met behulp van diverse platforms en (digitale) tools.

Met betrekking tot warmtetechnologie is de test- en ontwikkelfaciliteit gereedgekomen waarmee warmte(pomp)systemen aan versnelde veldtests onderworpen kunnen worden, en zijn de eerste hybride warmtepompen getest. Twee vernieuwende warmtepompconcepten, op basis van thermoakoestiek respectievelijk. magnetocalorische materialen, zijn doorontwikkeld, en er zijn tools ontwikkeld waarmee de configuratie en (open source) regeling van warmtesystemen eenvoudiger, sneller en betrouwbaarder wordt.

Ook op het vlak van warmteopslag zijn goede resultaten bereikt: door verbetering van materiaaleigenschappen is de energieopslagdichtheid met 30% verhoogd, en warmtewisselaars en overige systeemcomponenten zijn verbeterd om de efficiëntie en opslagdichtheid op systeemniveau nog verder te verhogen. Ook is gewerkt aan de integratie van (warmte)opslag in een prefab gebouwelement, dat momenteel in een proefwoning geïnstalleerd wordt en in de komende periode in de praktijk zal worden getest.

Het consortium kwam in de afgelopen rapportageperiode één keer plenair bijeen. Tijdens deze sessie zijn resultaten uit de verschillende thema's aan elkaar gepresenteerd wat de kruisbestuiving tussen de thema's verder heeft versterkt. Buiten het consortium zijn resultaten gedeeld via sociale mediakanalen van de partners, presentaties, artikelen in vakbladen en wetenschappelijke (congres)papers.

Tijdens de afgelopen rapportageperiode hebben zich ten opzichte van de eerder gemelde corona-effecten geen aanvullende corona-gerelateerde vertragingen voorgedaan. Daarentegen is inlopen van eerdere vertragingen lastig gebleken; de verwachting is dat de (door corona) vertraagde deelprojecten afgerond kunnen worden binnen de gewijzigde tijdsplanningen.

Leeswijzer

Deze rapportage gaat in op de resultaten die op de derde mijlpaal (18 maanden na aanvang) van het programma Integrale Energietransitie Bestaande Bouw zijn behaald. De rapportage is opgebouwd aan de hand van de negen thema's van het programma: Renovatieconcepten, Datagedreven optimalisatie van renovatieconcepten, Industrialisatie, Digitalisering, Gedragen energietransitie, Afwegingskader, Keteninnovatie, Warmtepompen en Compacte warmteopslag.

Per thema wordt de gerealiseerde voortgang en de impact die wordt nagestreefd gepresenteerd. In de rapportage over de deelprojecten wordt nader ingegaan op de gehanteerde aanpak en gerealiseerde resultaten, de partners die hieraan hebben bijgedragen en het belang en de toepassing van de resultaten in de Nederlandse markt. Aan het einde van iedere themabeschrijving is een snelkoppeling opgenomen naar een verdiepende rapportage op deelprojectniveau.

Thema 1 Renovatieconcepten

Samenvatting resultaten

Thema 1, Renovatieconcepten, omvat innovatietrajecten waarin oplossingen ontwikkeld worden waarmee een snellere en meer kostenefficiënte verduurzaming van de gebouwde omgeving gerealiseerd wordt. De voortgang binnen de individuele innovatieprojecten is uitvoerig per deelproject separaat gerapporteerd en hiervoor wordt naar de betreffende deelrapportages verwezen. Deelproject 1.6 is reeds in de vorige rapportageperiode afgerond.

Hierna zal kort worden stilgestaan bij de highlights geselecteerd uit een aantal van de innovatieprojecten binnen het thema renovatieconcepten.

- *Themabijeenkomst thema 1 en 3*

Een gezamenlijke themabijeenkomst heeft plaatsgevonden vanuit thema 1 en 3. Tijdens deze bijeenkomst is stilgestaan bij de impact van de verschillende innovatieprojecten binnen deze beide thema's.

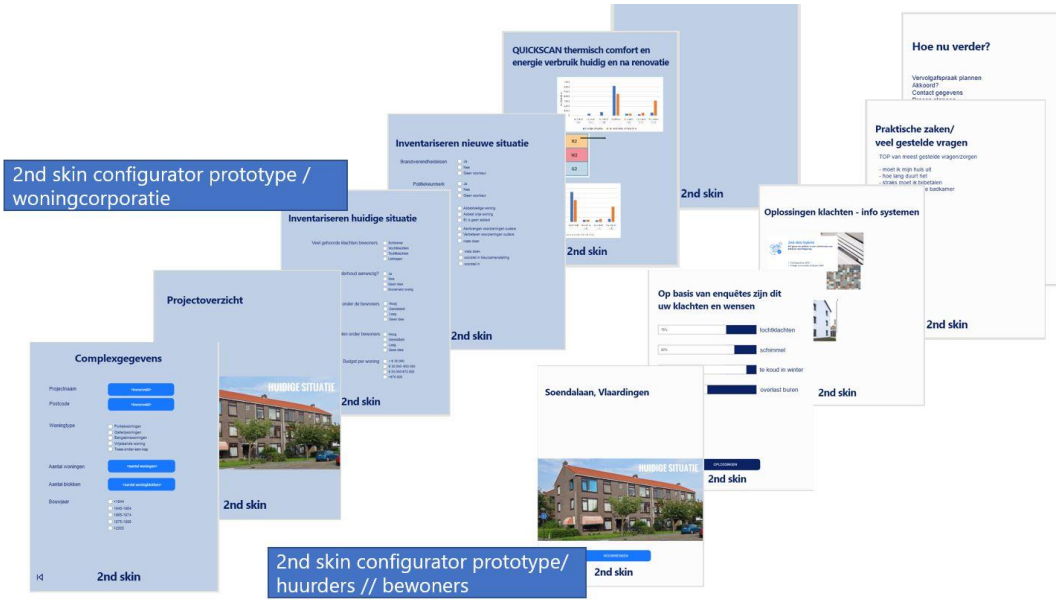
- *Woningclusters voor aardgasloze renovatiepakketten* (deelproject 1.1):

In de vorige verslagperiode is de ontwikkeling van een 'no-regret' maatregelenpakket gemeld. Hiermee kan de warmtevraag van woningen gereduceerd worden tot een niveau tussen 50 en 70 kWh/m2. Inmiddels is een start gemaakt met het onderzoeken van de opschaalbaarheid op 2 niveaus;

- De opschaalbaarheid van renovatiepakketten op de Nederlandse woningvoorraad is onderzocht door een gevoeligheidsanalyse van de meest bepalende woningkenmerken (activiteit 3). Hiermee wordt beoogd om tot een methode van woningclassificatie te komen.
- De toepasbaarheid van eerder genoemd aardgasvrij-ready maatregelenpakketten wordt concreet onderzocht op basis van een dataset van ca. 9000 woningen van woningcorporaties Domijn (activiteit 4). Op basis van de uitkomsten zal een vertaling worden gemaakt van de toepasbaarheid voor heel Nederland.

- *Happy Balance / 2nd skin Concept Configurator* (deelproject 1.2 & 1.3):

De ontwikkeling van een gezamenlijke rekenmethode is gereed. Hiermee is in het in beide deelprojecten mogelijk om, in diverse fasen van de klantreis, inzicht te geven in de prestaties van het te renoveren complex. De wijze waarop de klantreis ingevuld wordt echter is verschillend binnen beide concepten. Beide deelprojecten hebben hiertoe een eigen concept-/ klantspecifieke frontend ontwikkeld die optimaal aansluit bij deze klantreis (zie Figuur 1).



Figuur 1 Frontend o.b.v. klantreis

In het vervolg wordt de configurator getoetst in concrete praktijkcases. Dit vormt een belangrijke stap in het valideren van de beoogde impact, o.a. in termen van het verhogen van de conversie.

- *Snelle en betaalbare renovatieconcepten* (deelproject 1.4):

Het 'vernieuwbouw in 10 dagen' concept is doorontwikkeld met een focus op:

- Verbreding van de toepasbaarheid; het toepassen van de all-in module op de verdieping biedt diverse voordelen, m.n. voor wat betreft vrijheid in indeling van plattegronden. Hiertoe is een prototype all-in module ontwikkeld die op de verdieping kan worden toegepast.
- De beleving; aan de hand van metingen van trillingen en geluid is onderzoek gedaan naar de beleving van de lichte prefab renovatievloer.

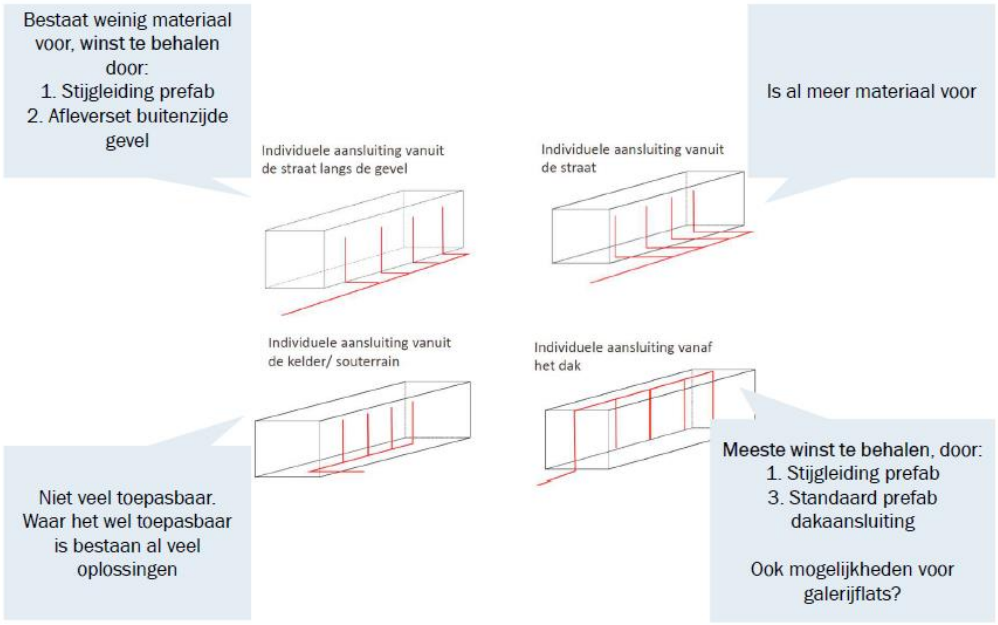
Tegelijk is onderzoek gestart t.b.v. het in kaart brengen van de marktvraag. Hierin worden naast technische uitwerkingen van het concept vooral ook naar procesmatige aspecten gekeken die voor de uitwerking van het concept van belang zijn (o.m. voorbereiding en uitvoering).

- *Collectieve warmte* (deelproject 1.5):

Verder verduurzamen van warmtenetten vraagt om het verder verlagen van de aanvoertemperatuur. Hiervoor heeft enerzijds onderzoek plaatsgevonden naar de effecten van het niet toepassen van nachtverlaging. Anderzijds is een alternatief systeem onderzocht t.b.v. het voorzien van warm tapwater. Beide onderzoeken laten zien dat een lagere temperatuur (50-60 graden Celsius) haalbaar is waarmee gebruik van laagwaardige warmte (restwarmte) binnen bereik komt.

Voor een specifiek geselecteerd segment binnen de woningvoorraad (portiekwoningen) is een inventarisatie gemaakt van bestaande aansluitmethoden en het PvE van relevante stakeholders

m.b.t. het realiseren van een warmtenet-aansluiting (zie Figuur 2). Dit is de basis voor de start van de ontwikkeling van nieuwe aansluitmethoden binnen dit segment.



Figuur 2 Onderzoek naar alternatieve aansluitprincipes

- *Integratie van circulariteit in de energietransitie van bestaande bouw* (deelproject 1.7):

Een verkenning heeft plaatsgevonden van bestaande/ thans gebruikte methoden en modellen om duurzaamheid te kwantificeren. Nadrukkelijk is gekeken naar de wijze waarop circulariteit hierin al dan niet wordt meegenomen. Een inventarisatie is gemaakt van in Nederland gebruikte integrale rekenmodellen om de duurzaamheid van gebouwen te kwantificeren. Er blijkt nog geen methode beschikbaar om circulair materiaalgebruik integraal mee te nemen in ontwerpafwegingen, rekening houdend met aspecten als schaalvergroting, industrialisatie, stijgende prestatie-eisen, maatschappelijke acceptatie, gevraagde kostenreductie en technologische ontwikkelingen.

Impact

Tijdens de themabijeenkomst is een inventarisatie gemaakt van de barrières die ervaren worden in het realiseren van deze impact. Dit heeft geleid tot een overzicht van onderwerpen waarvoor binnen IEBB-samenwerking gezocht zal worden met andere thema's en/of nieuwe initiatieven zullen worden gestart. Het betreft de volgende onderwerpen:

- Schaal is cruciaal voor het kunnen organiseren van industriële productie (met de daarbij horende kostenverlaging). De uitdaging daarbij is hoe, vanuit innovaties zoals in de individuele IEBB, tot effectieve standaardisatie te komen over individuele deelprojecten en/of partijen heen?
- Is het zinvol om in de ontwikkeling van verduurzamingsoplossingen wel het temperatuurniveau voor ruimteverwarming te specificeren, zonder daarbij het type warmtebron al vast te leggen? Dit maakt wellicht spijtvrije ingrepen mogelijk, in de zin dat woningen na verduurzaming nog op meerdere alternatieve warmtebronnen (o.m. warmtepomp en warmtenet) aangesloten kunnen worden. Dit is ook in lijn met de

Standaard en Streefwaarden (zie Standaard en Streefwaarden: uitkomst traject begeleidingscommissie | Rapport | Rijksoverheid.nl)

- Hoe ga je om met het maken van afwegingen m.b.t. circulariteit in de ontwikkeling en toepassing van verduurzamingsoplossingen?
- Hoe sluiten we beter aan met innovaties bij de dynamiek in de markt? Er komt nu (te) veel op partijen af qua plannen en innovaties en die kunnen dat niet altijd meer allemaal absorberen/ zich eigen maken. Het sluit niet altijd aan bij waar men dagelijks mee bezig is en/of de dagelijkse praktijk waarin partijen zich begeven.
- Vergeet ook het verduurzamen van het particulier bezit niet. In de markt lijkt hier (o.m. Renovatieversneller) minder aandacht voor te zijn. Binnen thema 1 wordt o.m. door Reimarkt een verduurzamingsconcept ontwikkeld gericht op de particuliere woningeigenaar.

Tabel 1 toont de impact van de deelprojecten in thema 1. Het betreft een bijstelling van de impact op basis van de gerealiseerde voorgang en laatste inzichten binnen de innovatieprojecten t.o.v. van de impact zoals die bij de start van het deelproject werd gezien.

Tabel 1 overzicht impact thema 1 Renovatieconcepten (Maart 2021)

					# renovaties per jaar				ambities t.a.v. (%)		
		type woning	bouwperiode	doelgroep	2018	2021	2022	2030	kostprijs	doorlooptijd	productiecapaciteit
1.1	**woningclusters voor robuuste aardgasloze renovatiepakketten**	a) serie-geproduceerde rijwoningen met twee bouwlagen en schuin dak b) serie-geproduceerde portiekappartementen	a) 1946-1974 b) 1946-1960	Corporaties, particuliere woningeigenaren, VvE's	1.000		2.500	14.500	(-) 40%	(-) 75% (van 60 naar 15 dagen)	
					1000		*2500*	*14.500*	*(-) 40%*	*(-) 75% (van 60 naar 15*	
1.2	**Happy Balance Concept Configurator**	VVE appartementencomplexen	1950-1970	particulieren	150	200	300	1.200	0%	-10%	0%
					150		*300*	*1.200*	*(-) 50% acquisitiekosten*	*0%*	*0%*
1.3	**2ndSKIN Concept Configurator**	portiekflats	1950-1970	corporaties	183	300	1.500	4.000			
					500		*3.500*	*7.000*	*(-) 50% acquisitiekosten*	*0%*	*0%*
1.4	**Snelle en betaalbare renovatieconcepten - vernieuwbouw in 10 dagen**	grondgebonden woningen	focus op jaren 60 en 70	corporaties, particuliere woningbezitters			500	7.500	(-) 20% t.o.v. sloop en nieuwbouw	(-) 60% (van 25 naar 10 dagen)	
							500	*7.500*	*idem*	*idem*	
	Snelle en betaalbare renovatieconcepten - naar label A voor 40k	grondgebonden woningen	focus op jaren 60 en 70, andere periodes niet uitgesloten	corporaties, particuliere woningbezitters			500	30.000	(-) 20% t.o.v. schilvernieuwing, (-) 5-10% t.o.v. huidige vergelijkbare oplossingen	1 tot 5 dagen	
							500	*30.000*	*idem*	*idem*	
1.5	**renovatieconcepten collectieve warmte**	rijwoningen in wijken die zich lenen voor migratie naar warmtenet	alle	corporaties en particuliere woningbezitters	1.000		10.000	75.000	(-) 25% aansluitkosten rijwoning	aansluiten in 1 dag	
					1.000		*10.000*	*75.000*	*(-) 25% aansluitkosten rijwoning*	*aansluiten in 1 dag*	
1.6	**dunnere en goedkopere renovatieoplossingen door regulerende huidafwerking van de gebouwschil**	alle woningtypen (voornamelijk label D t/m F)	alle	corporaties, particuliere woningeigenaren, VvE's					(-) 10 - 30%		
									(-) 10 - 30%		
WP1	**RENOVATIECONCEPTEN**				2.333	500	15.300	132.200			
					2.650	*0*	*17.300*	*135.200*			

Samenwerking andere thema's

Binnen het thema Renovatieconcepten wordt in deelproject 1.7 onderzoek gedaan naar het kunnen maken van integrale afwegingen tussen energiereductie en circulariteit. Voor de ontwikkeling van dit afwegingskader hebben sessies plaatsgevonden met de projectpartners van de deelprojecten 1.2, 1.3 en 1.4 om kennis en informatie te delen over de praktische haalbaarheid van circulaire oplossingen en over relevante overwegingen voor opdrachtgevers, producenten en leveranciers. Ook is logischerwijze een koppeling gelegd met het deelproject 'Circulaire corporatiewoning renovatie' uit thema 6. Hiermee sluit de ontwikkeling van het afwegingskader één op één aan bij de behoefte en praktijk van conceptontwikkeling. Vanuit deelproject 1.2 en 1.3 is aangesloten bij de SEL-training. Binnen de training is kennis gemaakt met de Societal Embeddedness Level (SEL) methodologie door het toe te passen op de innovaties, met als doel het beoordelen van het maatschappelijke inbeddingsniveau van de innovaties en het identificeren van maatschappelijke uitdagingen in de huidige fase van ontwikkeling

De gezamenlijke themabijeenkomst van thema 1 en 3 heeft een aantal onderwerpen blootgelegd waarop samenwerking kansrijk kan zijn. In de komende periode zal worden verkend of en hoe hier nader invulling aan gegeven kan worden.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 1.

Thema 2 Datagedreven optimalisatie van renovatieconcepten

Samenvatting resultaten

In thema 2, Datagedreven ontwikkeling van renovatieconcepten, worden nieuwe tools ontwikkeld die het mogelijk maken hoge operationele prestaties van energie- en binnenklimaatsystemen te bewerkstelligen en langdurig (>25 jaar) te garanderen. Thema 2 omvat één deelproject, waarvan hieronder is samengevat wat de resultaten zijn.

In activiteit 1 is door middel van een literatuurstudie informatie uit bestaande data en kennis gemobiliseerd en geactiveerd. Aanvullend is de state-of-the-art in kaart gebracht over bestaande digital twins (inclusief digital twins voor utiliteitsgebouwen) en modellering van gedrag, gebruik makend van een inventarisatie van databases en van een specifieke dataset over NOM-woningen. Dit heeft geleid tot drie publieke rapportages.

Activiteit 2 heeft zich gericht op de uitvoering korte termijn monitoring gericht op de wisselwerking tussen gedrag en renovatieconcepten bij 16 woningen met vier verschillende renovatieconcepten. Resultaat is nieuwe inzichten in het gedrag van bewoners, met name in de achterliggende redenen voor dit gedrag. Voor twee van de renovatieconcepten zijn de bevindingen teruggekoppeld met de fabrikanten, t.b.v. toekomstige productverbetering. Komende periode worden de resultaten van de korte termijn monitoring gerapporteerd, waarbij ook de gevolgen van de bevindingen uit de korte termijn monitoring voor de energie- en comfortprestatie van de renovatieconcepten in kaart worden gebracht. Daarnaast wordt de methodiek voor user centred ontwerp van renovatieconcepten komende periode verder uitgewerkt. De methodiek voor gedragsmonitoring die in 2020 is ontwikkeld, is op basis van de praktijkervaring verder verbeterd en zal ook worden ingezet in de lange termijn monitoring in activiteit 3. Tevens zijn twee workshops georganiseerd gericht op do's en don'ts voor het monitoren van de interactie tussen mensen en technologie bij diepgaande energierenovaties.

De resultaten van activiteit 1 en 2 zijn gebruikt om de lange termijn monitoring (activiteit 3) uit te werken. In nauwe samenwerking met woningcorporatie Stichting deltaWonen is een onderzoeksplan opgesteld en zijn procedures doorlopen i.r.t. data privacy en ethiek. De lange termijn monitoring wordt (vanaf september 2021) een jaar voor en een jaar na de renovatie uitgevoerd in 18 woningen (uit een project met 28 rijwoningen). Bij de renovatie worden 2 verschillende renovatieconcepten toegepast.

Voor het voorspellen, diagnosticeren en optimaliseren met data-gedreven digital twins (Activiteit 4:) is gestart met het definiëren van het theoretisch model waarin gedrag meegenomen kan worden. Ook is een start gemaakt met het testen van een ‘energievoorspellingstwin’ gebaseerd op RC modellen gebruik makend van een database met compartimentatiewoningen. Gebruikmakend van de Opschaler database (afgesloten TKI project) is een start gemaakt met digital twins voor gebouwkarakterisatie. Dit onderzoeksdeel loopt nog 3 jaar.

In activiteit 5 is gewerkt aan de ontwikkeling van eerste datagedreven modellen voor het voorspellen van de energiebesparing van renovatiemaatregelen in de sociale woningbouwsector (PhD-onderzoek). De resultaten tonen dat de datagedreven modellen beter voorspellen op woningvoorraad niveau dan de traditionele bestaande modellen. In de afronding van het PhD-onderzoek wordt onderzocht of een ondersteunend instrument voor woningbouwcorporaties kan worden toegevoegd om de werkelijke effecten van renovaties te voorspellen.

In activiteit 6 is een start gemaakt met het opzetten van een learning community in samenhang met de projecten Brains4Buildings (MOOI) en TransAct (NWO). De learning community richt zich op het dissemineren van de kennis uit IEBB naar de huidige professionals in de bouw- en installatiesector. Daarnaast ligt er een ambitie om de kennis te laten landen in de opleiding van jonge professionals, zoals van ontwerpstudenten. Ten slotte zijn er concreet naast de partners- en consortium meetings, al 2 workshops en 3 webinars georganiseerd in samenwerking met de Urban Energy Institute van TU Delft.

Belang thema

De genoemde toepassingen zijn belangrijk om op de bewoners afgestemde renovatieconcepten verder te ontwikkelen en om aangrijpingspunten te geven voor bedrijven die renovatie- en monitoringsproducten ontwikkelen. Daarnaast zijn de resultaten voorbereidend op het uitvoeren van activiteiten die bijdragen aan het realiseren van hoge prestaties op het gebied van energie, comfort en binnenluchtkwaliteit. De resultaten van deze lange termijn monitoring worden tevens benut voor het opstellen van digital twins, die ook bijdragen aan het beter voorspelbaar maken van energieverbruik en dus nuttig zijn voor prestatiecontracten en voor weloverwogen renovatieconcepten.

Samenwerking andere thema's

In het deelproject 1.3 2nd Skin configurator worden inzichten behaald die zowel bij de interpretatie van de korte termijn monitoring helpen, alsook bijdragen aan de uitgangspunten voor een integrale ontwerpmethode door de betrokkenheid van partners uit de industrie.

Er is een link gelegd met IEEB-Thema 4 (Digitization) betreffende het gebruik van gevalideerde digital twins als energiemodellen voor de tools ontwikkeld in Thema 4.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 2.

Thema 3 Industrialisatie

Samenvatting resultaten
Binnen thema 3 wordt die innovatie beoogd waarmee de kostprijs van (de productie van) renovaties daalt en de productiviteit in productie van renovatieoplossingen stijgt. De voortgang binnen de individuele innovatieprojecten is separaat uitvoerig gerapporteerd en hiervoor wordt naar de betreffende deelrapportages verwezen. Deelproject 3.1 is reeds in de vorige rapportageperiode afgerond.

Hierna wordt kort stilgestaan bij de highlights geselecteerd uit een aantal van de innovatieprojecten binnen het thema Industrialisatie.

- *Themabijeenkomst thema 1 en 3*

Zie mijlpaalrapportage thema 1 Renovatieconcepten.

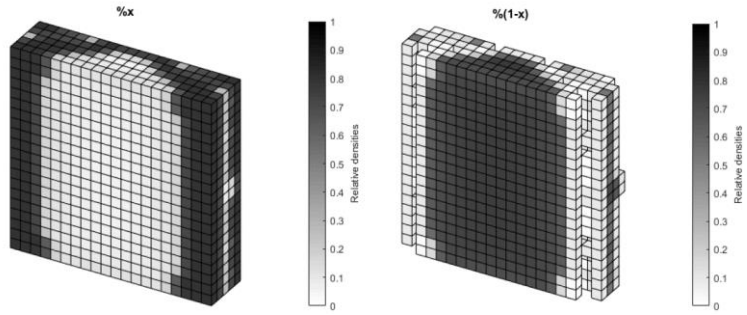
- *Industrialisatie en robotisering* (deelproject 3.2):

Proeven zijn uitgevoerd met een prototype BIPV-robotstraat die aanleiding hebben gegeven tot verdere optimalisatie van deelstappen in dit proces. Beoogd wordt om de komende verslagperiode een integrale productieproef met deze productietechniek uit te voeren. Gerobotiseerd productie van BIPV zal in belangrijke mate bijdragen aan de doelen t.a.v. opschaling en kostprijsreductie.

Op basis van een inventarisatie zijn de specificaties voor het digitale productplatform vastgesteld. Het ontwerp van de informatiearchitectuur is gestart en zal in de komende periode worden afgerond.

- *3D geprinte renovatie-panelen uit meerdere materialen: ontwikkeling rekenmodel* (deelproject 3.3):

De topologie optimalisatie is uitgebreid voor gebruik bij a) meerdere materialen en daarbij (logischerwijze) b) meerdere criteria. Een casestudie is uitgevoerd met gebruik van beton en isolatiemateriaal. Voor wat betreft de relevante criteria zijn de constructieve en thermische optimalisatie criteria gecombineerd tot 1 nieuw criterium via weegfactoren; zie onderstaande figuur.



Figuur 3 gevelpaneel met links beton (zwart) en rechts isolatie (zwart)

- *Opschaling renovatiedouche* (deelproject 3.4):

Naast de seriematige vervaardiging van de boiler is een besparing op de warmtewisselaar onderzocht door deze slimmer te produceren; de 36 meter lange warmtewisselaar direct op een frame rollen. Verwacht wordt dat hiermee een totale kostenbesparing van de RenoDouche productie van 30% gerealiseerd wordt.

Het aantal praktijktest locaties van de RenoDouche is met 5 uitgebreid. In drie van deze vijf gevallen wordt al het warme tapwater in de woning voorzien door de RenoDouche (voorbeeld plaatsing zie Figuur 4). Het blijkt in de praktijk dat installatie in 1 dag realiseerbaar is.

Figuur 4 Voor en na plaatsing RenoDouche

Impact

Tabel 2 toont de impact van de deelprojecten in thema 3 Industrialisatie. Het betreft een bijstelling van de impact op basis van de gerealiseerde voorgang en laatste inzichten binnen de innovatieprojecten t.o.v. van de impact zoals die bij de start van het deelproject werd gezien.

Tabel 2 overzicht impact thema 3 Industrialisatie (Maart 2021)

					# renovaties per jaar				ambities t.a.v. (%)		
		type woning	bouwperiode	doelgroep	2018		2022	2030	kostprijs	doorlooptijd	productiecapaciteit
3.1	**gerobotiseerd installeren van PV op woningdaken**	grondgebonden rijwoningen	1945 - 2015	corporaties en particuliere woningbezitters					(-)10% / (+)20%	?	(+)35% / (+)45%
									(-) 10-20%	*(-) 50%*	*(+) 50%*
3.2	**Industrialisatie en robotisering**	grondgebonden woningen		corporaties, particuliere woningbezitters			500	7.500	(-) 2-5% (materiaal / faalkostenreductie)		(+) 50-100%
							500	*7.500*	*idem*		*idem*
3.3	**3D geprinte renovatiepanelen**	laagbouw tot 3 verdiepingen	1945-1980	corporaties en particuliere woningbezitters			5.000	10.000	(-) 25%	(-) 50%	(+) 15%
							5.000	*10.000*	*(-) 25%*	*(-) 50%*	*(+) 15%*
3.4	**Opschaling renovatiedouche**	typeonafhankelijk	1945 - 2015	corporaties en particuliere woningbezitters	-	25	300	1.500	(-) 20 - 30%	1-2 dagen	
							1.500	*15.000*	*(-) 30%*	*badkamer-renovatie in 1 dag*	
WP3 INDUSTRIALISATIE					0	25	5.800	19.000			
					0	*0*	*7.000*	*32.500*			

Samenwerking andere thema's

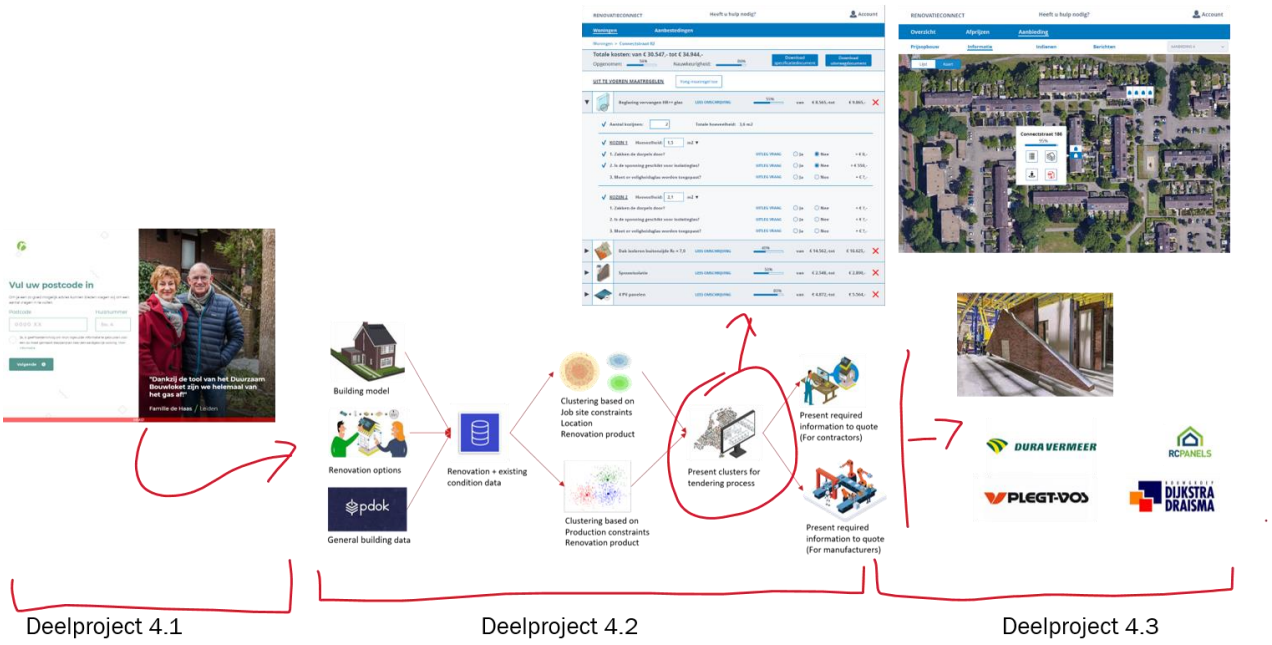
De gezamenlijke themabijeenkomst van thema 1 en 3 heeft een aantal onderwerpen blootgelegd waarop samenwerking kansrijk kan zijn. In de komende periode zal worden verkend of en hoe hier nader invulling aan gegeven kan worden.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 3.

Thema 4 Digitalisering

Samenvatting resultaten

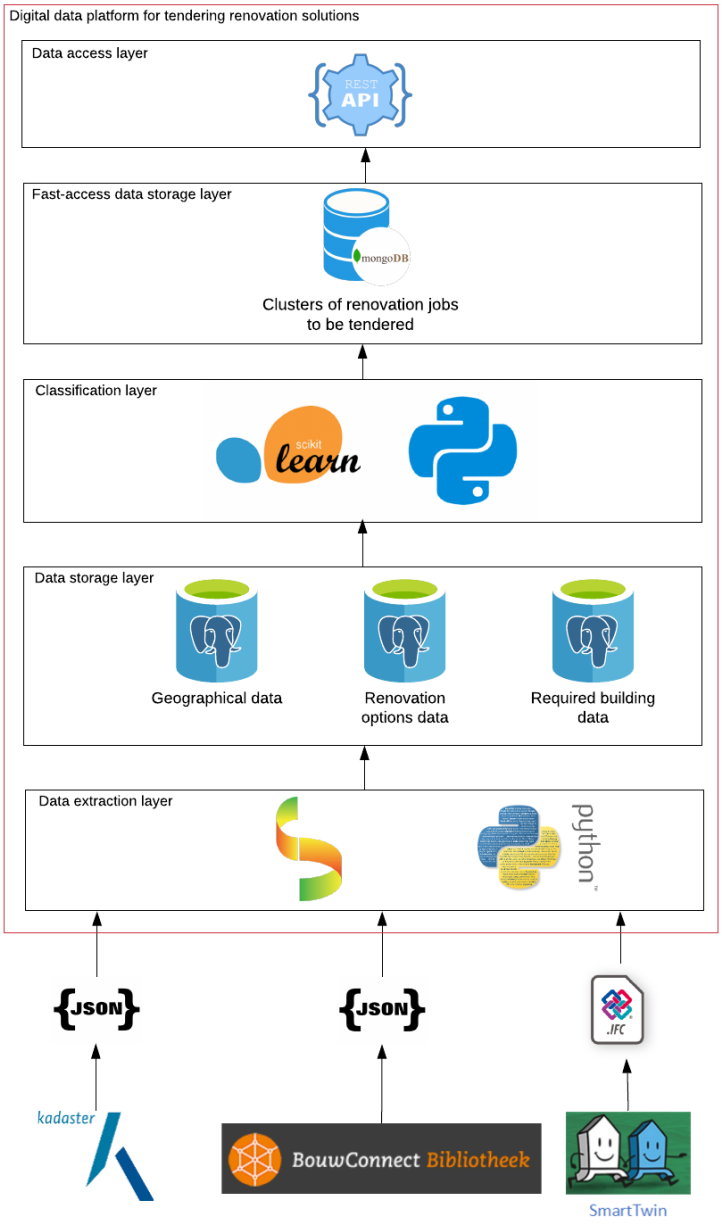
Dit thema richt zich op de ontwikkeling van een verregaand gedigitaliseerd renovatieproces waarmee een volledige woningrenovatie in slechts enkele dagen is te realiseren. Binnen Thema 4 lopen drie deelprojecten 4.1, 4.2 en 4.3. Deelproject 4.1 Renovatietools heeft het afgelopen halfjaar stilgelegen, in afwachting van goedgekeurde verlenging van het project. Deelproject 4.2 Digitale aanbesteding omvat twee activiteiten, namelijk 'Veiling op basis van clusters', en 'Aanbesteding renovatieoplossing' (2 PdEngs – Tue, Guidehouse en De Twee Snoeken). Dit deelproject vormt een belangrijke spil tussen deelprojecten 1.1 (clustering; parametrisch model), 4.1 (renovatietools, gebruiksmodellen), en 4.3 (construction 4.0). Het onderzoek wordt dan ook uitgevoerd in combinatie met deze deelactiviteiten (Figuur 5). De doelstellingen van dit deelproject zijn 'prototype aanbestedingssysteem woningclusters' (1b) en 'prototype aanbestedingssysteem uniforme specificaties renovatie-pakketten' (2b).



Figuur 5 Ketensamenwerking tbv. opschaling van renovatieprocessen door clustering en tendering richting aannemers en vervolgens manufacturers.

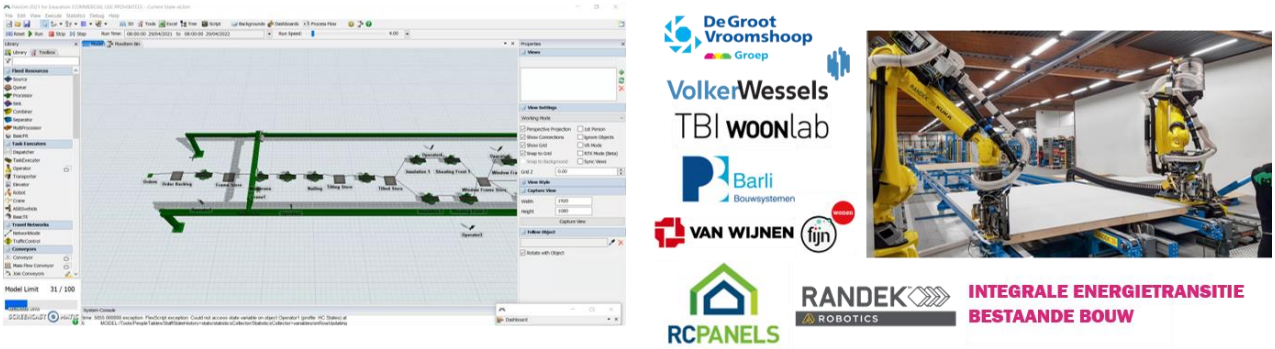
Behaalde resultaten voor deelproject 4.2 (1b) zijn het identificeren en opsommen van de toonaangevende geïndustrialiseerde renovatiebedrijven (RC-panels, Dijkstra Draisma, Dura Vermeer, Plegt-vos) en de experts die inzicht konden geven in de belangrijkste vereisten van de

bedrijven voor het ontwerpen van een wooncluster. In een volgende taak worden diepte-interviews met de experts gevoerd, om zo de belangrijkste eisen van de bedrijven in kaart te brengen bij het ontwerpen van een woningclustering en raamwerk voor het aanbestedingsmechanisme. In deelproject 4.2 (2b) is momenteel een prototype aanbestedingssysteem in ontwikkeling in samenwerking met De Twee Snoeken, waarin het mogelijk is om tenders in te voeren als woningcorporatie, op basis van een eerdere clustering (deelproject 1b). Binnen dit platform (Figuur 6 rechtsboven) is het ook mogelijk om 'concepten' aan te bieden vanuit de supply zijde (aannemers en manufacturers), zodat het ook mogelijk is om tenders en concepten aan elkaar te koppelen. Er wordt gewerkt om een prototype klaar te hebben tegen december 2021. Er wordt verlenging gevraagd om deze tooling voldoende aan bestaande tools, APIs, rekenmodellen en databanken te kunnen koppelen. De huidige systeemarchitectuur is te vinden in Figuur 6, waarbij momenteel voornamelijk aan de onderzijde wordt gewerkt: datacollectie en -koppeling.



Figuur 6 Systeemarchitectuur voor het digitale platform voor aanbesteding van renovatie-oplossingen

In deelproject 4.3 3d Printing & Logistiek zijn 6 activiteiten actief, uitgevoerd door drie onderzoekers (Postdoc TUDelft; 2PdEngs TUEindhoven), in samenwerking met bedrijven Arup, Royal3D, Saint Gobain Beamix, en VolkerWessels. Hier ligt de interactie met Deelproject 4.2 voor "Logistiek grootschalige renovatieprocessen" (Figuur 7 rechts). Hierbij wordt de keten van tender naar aannemer en uiteindelijk fabricatiebedrijven doorgelicht, gesimuleerd en geanalyseerd op capaciteit en mogelijkheid tot opschaling (zie Figuur). Dit heeft nu geleid tot een interactief simulatiemodel met mogelijkheid tot inschatting van huidige capaciteit en potentiële capaciteit. Daarnaast wordt gewerkt aan een nieuwe inrichting van de waardeketen (processen & logistiek): tendering en concepten, transportreductie, on-site en off-site productie, gedeelde bouwhubs.

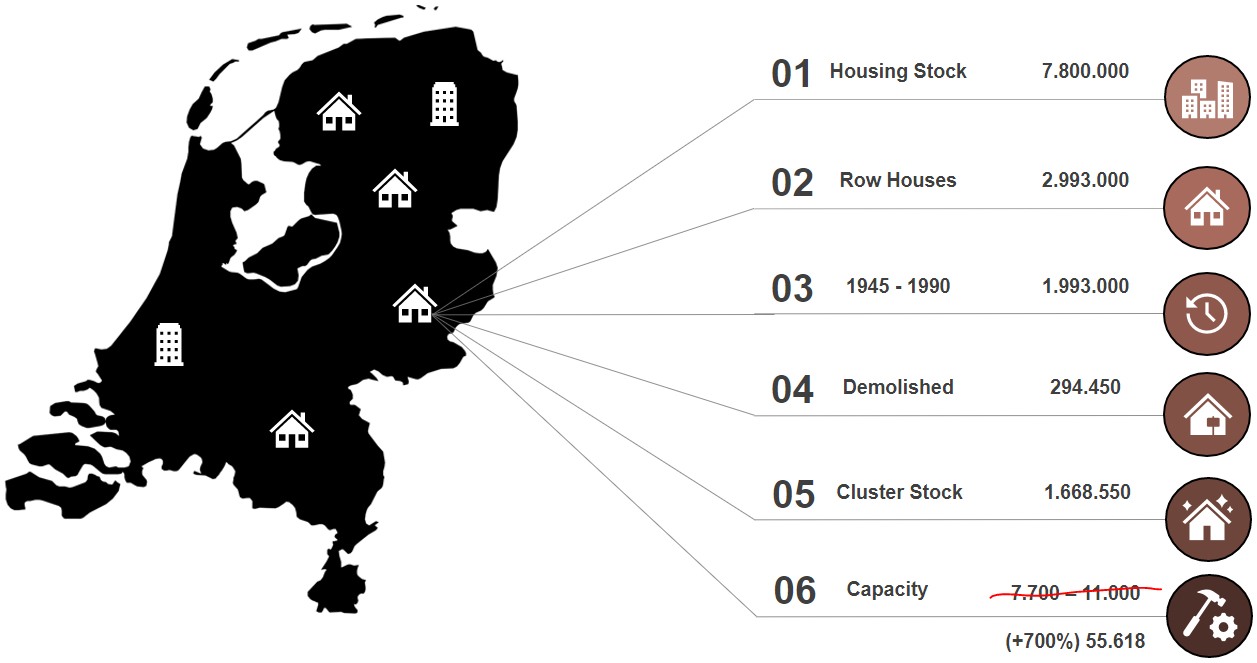


Figuur 7 Analyse van de logistiek in de productieketen ter opschaling van renovatieprocessen.

Voorts werd in activiteiten 1+2 (4.3) “Geautomatiseerd proces voor 3D en Demonstratie” (TUDelft, Arup, Royal3D) gewerkt aan een parametrisch gebouwmodel en bijhorende software die toelaat om parametrische surrogaatmodellen snel op te bouwen op basis van belangrijke gebouwkarakteristieken en een snelle beoordeling te maken van renovatie-opties. De surrogaatmodellen kunnen door gebruikers worden gebruikt in een digitale tool via een grafische interface (prototype beschikbaar). Momenteel wordt energiegebruik geëvalueerd in de tool, en in een volgende fase worden ook de prestaties met betrekking tot 3D printing inzichtelijk gemaakt. Gerelateerd hieraan is de deelactiviteit "3D geprinte renovatiepanelen voor woningen uit meerdere materialen: ontwikkeling printtechnologie" (TUEindhoven, Saint Gobain Beamix). Binnen deze activiteit wordt een onderzoek gedaan naar isolatiematerialen die effectief printbaar zijn in combinatie met 3D betonprinten, teneinde het renovatieproces op deze manier te versnellen met een nieuwe bouwmethode met meerdere materialen.

Belang thema

- Hogere efficiëntie: verhogen van renovatiesnelheid door geoptimaliseerde logistiek en betere aansluiting op renovatievraag (clustering en tendering + renovatieconcepten). Door middel van het interactief simulatiemodel doorheen de productieketen (4.3) is het mogelijk om de bottlenecks, opslag en wachttijden in het productieproces te reduceren, wat leidt tot een hogere efficiëntie (target +10-15%).
- Ketenoptimalisatie: inzicht samenwerkingsproces in de keten: Met cruciaal en goed inzicht in de keten wordt samenwerking eenvoudiger, waardoor het uiteindelijk mogelijk wordt om van de huidige renovatiecapaciteit van 7.700-11.000 woningen per jaar op te schalen naar de nodige 55.600 woningen per jaar. Ketenoptimalisatie en digitalisering zijn slechts een onderdeel in deze opschaling (x2 max); een groot aandeel ligt ook bij bewustwording en de juiste stimulering van de markt (bv. overwegen van vernieuwbouw; juiste subsidiëring).
- Parametrische tools en simulatiemodellen (4.3) en betere monitoringtools (4.1) maken energieverbruik beter voorspelbaar (80% accuraat en hoger is streefdoel).
- Kostenreductie: Mits toepassing van de productietechnieken in Deelproject 4.3 worden renovatiekosten per woning gereduceerd van gemiddeld 35.000 euro per woning tot 30.000 euro. Op nationale schaal leidt dit tot een potentiële reductie van de renovatiekosten van 100 tot 500 miljoen euro per jaar, en een cumulatieve reductie van energiekosten van 42 tot 210 miljoen euro per jaar voor de gebruikers.



Figuur 8 - Nood aan opschaling van renovatiecapaciteit

Samenwerking andere thema's

Intern binnen dit thema wordt sterk samengewerkt, maar ook daarbuiten richting andere thema's, met name:

- Thema 1: analyse van gebouwkarakteristieken die essentieel zijn voor clustering en renovatievraag. Dit wordt rechtstreeks gebruikt als input voor deelproject 4.2, in combinatie met de inbreng uit deelproject 4.1.
- Thema 3: Industrialisatie van productietechieken: samenwerking is actief aanwezig met deelproject 4.3 "Logistiek grootschalige renovatieprocessen" voor opschaling van productieproces (bezoek aan fabrieken + samenleggen van renovatiestrategie en opschalingsstrategie construction 4.0).
- Thema 5: Gedragen energierenovatie: de resulterende renovatieconcepten en tenders moeten gedragen worden door eigenaars en woningcorporaties, wat onderdeel is van een deelonderzoek dat overlapt tussen Thema 4 en 5 (TUEindhoven). In dit onderzoek wordt de waarschijnlijkheid geëvalueerd dat bewoners en corporaties kiezen voor de verschillende renovatie-opties die ook in deelprojecten 4.1-4.3 worden onderzocht (gevel, dak, systeem).
- Thema 7: Keteninnovatie: er is een grote overlap tussen Thema 4 en 7. Om de juiste tools te ontwikkelen (clustering en vooral tendering), is een sterke keteninnovatie nodig. Enkel met clustering en tendering is er namelijk onvoldoende schaal (= enkel pull). Het is sterk noodzakelijk dat er ook van de productieketen (manufacturers – supply) een terugkoppeling wordt gegeven (= push), zodat er op de juiste manier kan getenderd worden, namelijk op een manier die het mogelijk maakt voor aannemers en manufacturers om kosteneffectief

op te kunnen schalen in productiecapaciteit. Keteninnovatie en -samenwerking is hierbij cruciaal (er is meer nodig dan enkel digitalisering).

Buiten deze samenwerkingen met andere thema's is Thema 4 ook afhankelijk van:

- Literatuur (PdEngs en Postdocs), in het bijzonder wat betreft opschaling van productiecapaciteit, industrialisatie van productie, en de supply chain: onderzoeken in andere toonaangevende landen (ETHZurich, TUMunich, UK) worden nagegaan voor de meest veelbelovende strategieën.
- Data: vanzelfsprekend is clustering en tendering zeer sterk afhankelijk van data. Digitale systemen maken gebruik van nationale laserscan data, de Bouwconnect bibliotheek van De Twee Snoeken, het Kadaster, 3D BAG, en dergelijke meer. Het maken van deze koppelingen maakt de oplossingen van dit thema robuust en combineerbaar met bestaande software-oplossingen.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 4.

Thema 5 Gedragen energietransitie

Samenvatting resultaten

In dit thema staan de huiseigenaren centraal in vier met elkaar samenhangende deelprojecten. Het eerste deelproject, 5.1 Vraagarticulatie en besluitvorming, is een 4-jarig project. In het afgelopen half jaar is verdere voortgang geboekt door 1) analyse van de verschillende rollen die on-line platformen kunnen spelen in de klantreis resulterend in een classificatie van platformen, 2) opzet van een econometrisch model en eerste analyse van grootschalige data van de klantreis gekoppeld aan CBS micro-data van huishoudens en 3) is een start gemaakt met het ontwikkelen van een digitale tool. Het econometrisch model betreft een logistisch regressie-model dat de kans voorspelt dat een individuele bewoner van een buurt zich aansluit bij een buurt-initiatief en de maatregel implementeert afhankelijk van socio-demografische kenmerken van de bewoner en kenmerken van de buurt en de woning. Een speciale factor is de sociale en fysieke afstand van de bewoner met de initiatiefnemer van de buurt. De analyse toont aan dat deze een belangrijk effect heeft op de conversie-kans. Dit zijn eerste analyses. Het model (nog voorlopig) stelt Buurkracht in staat om inzet van een buurt-initiatiefnemer optimaal af te stemmen op de kenmerken van de buurt en de bewoners met het oog op het vergroten van de conversie.

Het tweede deelproject, 5.2 Vraagstimulering en strategieën, is eveneens een 4-jarig project. Verdere voortgang is geboekt in dit project: 1) een vragenlijst en framewerk is ontwikkeld voor grootschalige data verzameling via survey en focusgroepen, 2) analyses van data van WoON energiemodules zijn uitgevoerd om barrières te identificeren en 3) een wetenschappelijke publicatie is gerealiseerd (gedragsfactoren) dat de basis legt voor het ontwikkelen van de strategieën. De belangrijkste barrières zijn gebrekkige informatie en de perceptie van rompslomp. Het wegnemen vraagt om meer maatwerk gecombineerd met nudging om woningeigenaren te activeren. Een opvallende uitkomst is ook dat persoonlijke factoren een sterke rol spelen bij beslissingen om PV te installeren veel meer dan in het geval van isolatiemaatregelen waar kenmerken van de woning belangrijker zijn.

Het derde deelproject (5.3 State-of-the-art lessons learned) is een 2-jarig project. In het afgelopen half jaar zijn 1) een onderzoek uitgevoerd naar lokale initiatieven gericht op energie-renovaties (10 case studies in centraal en Nood-Nederland), waarvan de resultaten zijn beschreven in een rapport met concrete aanbevelingen voor gemeenten en collectieven; zo kan samenwerken van de gemeente met een lokaal collectief de betrokkenheid van burgers bij energierenovatie sterk verhogen; 2) een onderzoek uitgevoerd naar coöperatieve energieloketten op basis van focusgroepen en brainstormbijeenkomsten met coöperaties en gemeenten verspreid over het hele land. Uit het onderzoek blijkt dat coöperatieve loketten worden gezien als onafhankelijke partij zonder commerciële belangen, dit vergroot het vertrouwen van burgers; coöperatieve loketten staan bovendien dichter bij de burger dan de gemeente. Ook zijn obstakels bij de uitvoering geïnventariseerd. 3) Er is een handleiding op basis van de resultaten voor betrokken partijen in de maak.

Figuur 9 Voorblad van het uitgekomen Reimarkt-TUE rapport.

Het vierde deelproject (5.4 Praktijkexperimenten en opschaling strategieën) is eveneens een 2-jarig project. Dit deelproject is gericht op enerzijds het verbeteren van platformen en anderzijds kennisintegratie. In het afgelopen half jaar zijn: 1) verdere stappen gezet in verbeteren van platformen voor mond-op-mond reclame (WieWatwaar) en de inzet van energiecoaches bij buurtinitiatieven (Hoom/DuurzaamDenHaag); 2) een veldexperiment opgezet dat in de zomer zal worden uitgevoerd voor testen van ‘peer effects’ op conversies bij Buurkracht en 3) is met data van Reimarkt geanalyseerd welke combinaties van maatregelen genomen worden, welke invloed klantcontact heeft, en welke startmaatregel sneller leidt tot vervolgmaatregelen. Dit levert aanbevelingen op voor meer conversies. Het rapport beschrijft handvatten voor beleidsmakers, energie-loketten en andere aanjagers van de energie-transitie gebaseerd op uitgebreide analyses van klantgegevens van alle Reimarkt vestigingen (ongeveer 10.000 leads). Een willekeurig voorbeeld uit velen van een aanbeveling staat in Figuur 10. Op het gebied van kennisintegratie zijn twee projectbijeenkomsten georganiseerd met de projectpartners, en vormde de presentatie van de resultaten van 5.4.1a de start van een dialoog over hoe de conversiegraad ook bij de andere platforms en praktijken verhoogd kan worden. Hierbij waren ongeveer 30 aanwezigen, zowel onderzoekers als praktijkpartners. Ook vond een eerste Community of Practice (CoP) plaats met 40 platformen en zijn op basis van verworven kennis bouwstenen voor onderwijsprogramma’s op HBO en universitair niveau geïmplementeerd bij de Hanze hogeschool voor de opleiding van een nieuwe generatie experts op het gebied van energie-transitie van de gebouwde omgeving. Ten slotte, is in deelproject 5.4 de societal embeddedness succesvol toegepast in andere IEBB-projecten (Thema 1 en Thema 8) waaruit onder andere op gebied van stakeholders en juridisch aandachtspunten komen voor maatschappelijke inbedding.

Hoe kan dit toegepast worden in de praktijk?

Als beleidsmaker, energieloket of andere aanjager zijn deze analyses op de volgende manier toepasbaar in de praktijk:

1. Besef dat het grootste deel van de bewoners niet meer in de oriëntatie- en/of bewustwordingsfase zit. Een boodschap die zicht richt op minimaal een advies op woningniveau en liever nog ook op de mogelijkheden daarna, sluit veel beter aan bij het grootste deel van de woningeigenaren.
2. Wees bewust van het cruciale moment van advies naar de vervolgfases om activiteiten zoveel mogelijk te laten leiden tot offertes en uitvoeringen. Hierover meer in hoofdstuk 5.
3. Gebruik de conversies uit figuur Figuur 2 om realistische en scherpe doelen neer te zetten bij het opzetten van acties. Bedenk ook in welke fase de doelgroep instroomt in de klantreis. *Voorbeeld: met een inkoopactie worden woningeigenaren direct benaderd voor een offerte, terwijl een webinar over mogelijkheden voor verduurzaming veel meer inspeelt op het advies.*

Figuur 10 Voorbeeld van een aanbeveling op basis van analyses uit het Reimarkt-TUE rapport - Woningeigenaren in de energietransitie: inzichten, voorspellingen en strategieën.

Voor alle deelprojecten geldt dat de uitvoering volgens planning verloopt. Alleen in deelproject 5.3 is er een vertraging waardoor een uitstel van enkele maanden voor de afronding van het deelproject nodig is.

Impact

De projecten binnen dit thema dragen allen bij aan het MMIP-3 doel om gebouweigenaren en -gebruikers te enthousiasmeren om de energie-renovaties van hun woningen door te voeren die nodig zijn voor de energie-transitie. Het verhogen en versnellen van de conversie staat daarbij centraal. In het afgelopen jaar zijn stappen gezet voor het verbeteren van de platformen die een cruciale rol spelen in dit proces. De analyses bieden inzichten in hoe huiseigenaren de klantreis doorlopen, welke producten en product combinaties zij kiezen en welke barrières zij ondervinden. De rapporten van de afgeronde onderzoeken geven concrete aanbevelingen over hoe platformen daarop in kunnen spelen, hoe buurtinitiatieven kunnen worden gestimuleerd en collectieven kunnen worden begeleid. De nadruk ligt daarbij op de particuliere woningeigenaren. Dit is niet

gericht op een bepaald deel van de woningvoorraad maar betreft alle soorten woningen. Dit vertaalt zich in opschaling en versnelling van de transitie door bereiken van een groter aantal bewoners en verhogen van de conversiegraad. Het is niet mogelijk om de werkelijke impact te meten. Bij de start van het project is een voorzichtige inschatting gemaakt op basis van expertise van projectdeelnemers, die nog onverminderd geldt. Volgens die inschatting zal de verbetering van aanpakken op korte termijn (1 jaar) ertoe leiden dat zo'n 10% meer huiseigenaren worden bereikt. Naar verwachting zal dit in de daaropvolgende jaren leiden tot een versnelde toename van adoptie van energiebesparende technologieën, mede door collectieve trajecten te stimuleren en platformen efficiënter in te richten en barrières te slechten.

Samenwerking andere thema's

Tussen thema 5 (dit thema) en thema's 1 en 9 vindt kennisuitwisseling plaats om bewustwording vanuit de ontwikkelaars van een technologie te creëren over het belang van de menselijke en sociale factor in het succes van innovaties (gebruikmakend van de Social Embeddedness Level methodiek). Verder vindt kennisuitwisseling plaats tussen thema's 5, 6, en 7. De focus op het energietransitie-proces verschilt tussen de thema's: Thema 5 focust op de klantreis met de nadruk op particuliere eigenaren, Thema 6 op het afwegingskader voor vastgoedeigenaren, met name woningcorporaties en Thema 7 op keteninnovatie en businessmodellen. Hiermee vullen de thema's elkaar aan. De kennisuitwisseling wordt bevorderd doordat verschillende onderzoekers en praktijkpartners betrokken zijn bij verschillende thema's van dit cluster en dit uit zich ook in de gezamenlijke verzorging van break-out sessies op de IEBB partner-bijeenkomsten door deze thema's.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 5.

Thema 6 Afwegingskader

Samenvatting resultaten

Het doel van THEMA 6. “Afwegingskader – Woningcomplex Strategieën” is het ontwikkelen van een integrale afwegingsmethodiek om strategische vastgoedbeslissingen voor woningen op gebouw- en complexniveau te kunnen maken en onderbouwen. Om dit doel te bereiken, is het thema onderverdeeld in 4 activiteiten:

1) Afwegingskader - algehele opzet

Het beslisproces bij woningcorporaties is in beeld gebracht door middel van 1) bureauonderzoek naar verschillende beslismodellen, 2) interviews met verschillende medewerkers en directies van woningcorporaties en 3) actieonderzoek waarbij bij verschillende woningcorporaties de vergaderingen waarin besluiten werden genomen over de aanpak van verschillende projecten zijn bijgewoond. Op basis van deze resultaten is een eerste overzicht gecreëerd van de informatiebehoefte in het beslisproces in verschillende categorieën. Verder, is de informatiebehoefte gesimuleerd door een werksessie met 4 woningbouwcorporaties. Deze workshop leidde tot een rijk overzicht van de technische, sociale en milieuparameters die woningcorporaties gebruiken in het beslissingsproces. Door het beslisproces van woningcorporaties te verbeteren wordt de energietransitie versneld. De resultaten vormen de basis in de nieuw te ontwikkelen onderlegger voor afwegingsmethoden voor woningcorporaties.

2) Prestatie indicatoren

Het deelproject ‘Circulaire corporatiewoning renovatie’ heeft een basismethodiek ontwikkeld om energetische renovatiemaatregelen ook te beoordelen op embodied carbon footprint en circulair niveau van de materialisatie. De eerste toetsing geeft een duidelijk verschil aan tussen enerzijds een klassieke lineaire renovatie variant en anderzijds een circulaire variant.

3) Bewonersinteractie: wensen van gebruikers

- Onderdeel a (TU/E):

Om bewonersvoorkeuren in kaart te brengen (doel van de eerste stap van deze activiteit) zijn interviews uitgevoerd met experts bij Woonbedrijf en Wooncom. Op basis van de interviews zijn de kennisvragen, bestaande aanpakken en tools bij energie-renovatie-projecten bij de woningcorporaties in kaart gebracht. Een start is gemaakt met het ontwikkelen van een design van keuze-experiment voor het meten van bewonerspreferentie. Uit dit onderzoek blijkt dat sociale huurders graag zo vroeg mogelijk betrokken willen worden in de discussie over energietransitie van hun woningen, ruim voordat concrete plannen voor hun complexen worden uitgewerkt.

- Onderdeel b (Hanze Hogeschool):

Er is survey-onderzoek naar sociale factoren gedaan die bij kunnen dragen aan inzicht in het beslissingsproces over de te nemen verduurzamingsmaatregelen in wijken met gespikkeld bezit. Uit het onderzoek in twee wijken blijkt dat meer dan de helft van de mensen aangeeft wel of misschien mee te willen helpen aan verduurzaming van de buurt. Vaak is dat onder voorwaarde dat buurtgenoten ook meedoen, en dat er medewerking en ondersteuning is van experts,

gemeente en woningcorporaties. Om draagvlak te vergroten is het belangrijk om bepaalde groepen mensen te betrekken bij de plannen (bijv. jongeren en mensen met een huurwoning), en deze resultaten geven input voor het aangaan van dergelijke gesprekken. Drie openbare rapportages over de resultaten in Paddepoel en Garijp zijn opgeleverd, de derde rapportage zal in het najaar worden opgeleverd.

4) Effectieve kosten, efficiënte 'no regret' renovatie-ingrepen

Het onderzoek laat zien dat het gebruik van gemeten energiedata kan zorgen voor een beter inzicht in het energiegebruik van woningen en dat daardoor andere afwegingen gemaakt kunnen worden wat betreft de meest energiebesparende maatregel. Daarnaast maken we inzichtelijk dat de meest CO2 besparende maatregel niet per se de meest energiebesparende maatregel is en dat bij de keuze voor de meest effectieve maatregel de besparingsdoelen dus vooraf duidelijk moeten zijn om een goede afweging te kunnen maken.

Belang thema

1) Afwegingskader - algehele opzet

De sociale woningvoorraad bestaat uit 1/3 van de totale Nederlands woningvoorraad. Dat betekent dat om de te klimaatdoelstelling te halen moet de corporatie sector 1.3000 woningen per week renoveren. Echter, energiezuinige rennovaties hebben niet de prioriteit in het beslissingsproces van woningcorporaties. Ons onderzoek laat zien dat de woningcorporaties aan verschillende sociale, technische, en institutionele eisten moeten voldoen. Deze conflicteren met de landelijke en nationale energieambitie en maken het onmogelijk om energiezuinige rennovatie te prioriteren. Ons onderzoek heeft drie corporatie meegenomen in een herontwerpen van het beslissingsproces om de organisatorische uitdagingen in kaart te brengen. Samen met de corporaties maken wij duidelijk welke delen van het besluitproces aanpassen moeten worden. Dit onderzoek heeft belangrijk implicaties op de manier waarop woningcorporaties bedrijfsmodellen en organisatiestructuur beheren.

2 en 4) Prestatie indicatoren, circulariteit en effectieve kosten, efficiënte 'no regret' renovatie-ingrepen

In de gebouwde omgeving wordt 50-60% van de totale hoeveelheid grondstoffen in Nederland gebruikt en 30-40% van de CO2-emmisie en 30-40% energiegebruik. Bij methoden, zoals de milieuprestatiebepaling richt men zich in eerste instantie op nieuwbouw, maar bij bestaande bouw zijn ook grote kansen. De hoeveelheid materiaal die in de onderhouds- en renovatie/transformatie-markt omgaat is gigantisch, en daarmee ook de te behalen milieuwinst. Zo gaven alleen al corporaties in 2020 7,2 miljard Euro uit aan onderhoud en verbeteringen van hun bestaand bezit (2,3 miljoen woningen). De stijgende trend van inspanningen en kosten uit de achterliggende jaren zal zich met de maatschappelijke opgaven die er liggen versterkt doorzetten. Bedenk daarbij dat ruim 80% van de huidige woningvoorraad in 2050 nog aanwezig is, dan is dat een aardige indruk van de omvang van de opgave in de huidige (en nieuwe) bestaande bouw.

Samenwerking andere thema's
Activiteit 3 van Thema 6 overlapt met het werk van Thema 5, waarbij de trekker het overbrug maakt.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 6.

Thema 7 Keteninnovatie

Samenvatting resultaten

In thema 7 worden methoden en technieken ontwikkeld voor een betere samenwerking tussen bestaande en nieuwe actoren waardoor tussen vraag en aanbod en in aanbodketens een meer integraal, goedkoper en met minder overlast gepaard gaand aanbod aan gebouweigenaren kan worden gedaan. Het thema bestaat uit 5 deelprojecten.

In 7.1 ‘Organisatie van aanbodbundeling’ is gewerkt aan het opstellen van ontwerprichtlijnen voor een digitaal platform waar vraag en aanbod bij elkaar gebracht worden. Tevens werd gesleuteld aan een eerste opzet van een dergelijk platform. Doel is de kosten omlaag te brengen en de snelheid van de renovaties te verhogen. De insteek is om 80% van de renovatieaanpak voor woningen met een dergelijk platform te bedienen. De laatste 20% zal plaatsvinden door één op één afstemming tussen vrager en aanbieder nadat zij tot een virtuele match zijn gekomen. Er is van de ene kant gekeken hoe aanbod te structureren door middel van modulaire producten aan de hand van referentiewoningen, bouwdelen en renovatiemaatregelen. Aan de andere kant wil het platform faciliteren in de samenwerking op basis van de impliciete of expliciete strategie van woningcorporatie of particulier. Vertrekpunt was het bedienen van beide markten, maar gaandeweg is het inzicht gekomen dat het navigeren door het platform vrij complex zal zijn, en daarmee beter geschikt voor professionele verhuurders.

Het onderzoek in 7.2 “Eenduidige vraag- en vraag-aanbodbundeling’ is gestart met een brede verkenning, in dit geval naar projectoverstijgend samenwerken tussen een woningcorporatie en aanbieders en organisatie-overstijgend samenwerken tussen verschillende woningcorporaties en toeleveranciers. Vooral de woningcorporaties in Brabant en Limburg blijken wat dat betreft koplopers te zijn op het gebied van projectoverstijgend samenwerken. Hierover wordt echter weinig gepubliceerd en gedeeld tussen corporaties. Voor organisatieoverstijgend samenwerken is ervaring en uitwisseling helemaal schaars. Verder zijn er kansenkaarten voor corporaties gemaakt m.b.t. samenwerken. Uit de gehouden interviews blijkt dat door dit te doen met name faalkosten en transactiekosten dalen. Daarnaast zijn er key performance indicators (KPIs) gedefinieerd, die corporaties kunnen gebruiken bij het vormgeven van de afspraken met bedrijven, bijvoorbeeld op het vlak van faalkosten en bewonerstevredenheid. Hierbij is tevens aangegeven hoe deze KPIs ook meetbaar gemaakt kunnen worden. Het rapport over gespikkeld bezit is beschikbaar en het komend half jaar zullen de overige resultaten van dit deelonderzoek beschikbaar komen.

In 7.4 ‘Maatschappelijke meekoppelkansen’ zijn de werkzaamheden van drie belangrijke onderdelen afgerond in de Living Labs van de Hanzehogeschool, hogeschool Zuyd en de HU. De rapportages hiervan zijn deels beschikbaar of of worden vlak na deze zomer vrijgegeven.
Met betrekking tot keteninnovatie op weg naar circulaire energieconcepten is een handboek opgesteld voor 3Dscanning van de sloopmaterialen van de hoogbouw in Parkstad. In dit krimpgebied in de regio Heerlen/ Kerkrade wordt sloopmateriaal opnieuw als bouwmateriaal ingezet. Omdat mogelijk te maken is van belang deze materialen goed te classificeren. Met

behulp van 3D scanning en het koppelen van de daarvoor benodigde software aan de materialenbank worden de hiervoor benodigde gegevens in kaart gebracht. Het handboek en de software koppeling zijn inmiddels succesvol getest, ook is er gewerkt aan het opleiden van statushouders in het kader van social return on investment (SROI).
Voor keteninnovatie op weg naar biobased energieconcepten is gewerkt aan het interesseren van bouwpartijen voor Lisdodde, een voor Nederland nieuw toepassingsgebied van deze biomassa. Uit Duitsland was bekend dat dit materiaal gebruikt kan worden als isolatie- en plaatmateriaal. Naast een nieuwe keten van partijen is hier gewerkt aan een nieuw sandwichpaneel. Insteek hierbij was hiervoor geen milieubelastende stoffen te gebruiken. Tevens zijn randvoorwaarden en aanzetten beschreven voor het opstellen van een businessmodel passend bij regionaal verbouwde en verwerkte Lisdodde producten voor de renovatiemarkt.
In het onderdeel gericht op keteninnovatie op weg naar energieke monumenten is veel effort gestoken in het maken van een werkboek met de titel “Wij doen het”, om voor eigenaren van monumenten concreet te maken hoe zij aan de slag kunnen met het verduurzamen van hun monument. In dit onderzoek komt duidelijk naar voren dat het renoveren van een monument niet alleen impact heeft op het object en de activiteiten die het huisvest, maar tegelijkertijd ook kwaliteit van de leefomgeving een impuls kan geven.

Tot slot is in 7.5 aangetoond dat het haalbaar is om een aantrekkelijk aanbod te maken om objecten beheerd door een vereniging van eigenaren energiezuinig te maken. Hierbij was woonlastenneutraliteit een belangrijk uitgangspunt, maar het begrip zelf bleek nog niet zo eenduidig. Dat is in eerste instantie uitgewerkt in een aparte rapportage waarin ook is vastgelegd wat ervoor nodig is om dat vervolgens ook waar te kunnen maken. Verschillende aspecten die nodig zijn voor de uitwerking zijn vervolgens vastgelegd in een brede reeks van rapporten. In het komend najaar volgt met betrokken partijen ter afsluiting nog een reflectie op het doorlopen traject, waarna ook het laatste rapport vrij kan worden gegeven.

Belang thema
Bijdragen aan programma van de renovatieversneller met webinars (7.2).

Het deel van de gebouwde omgeving waar de resultaten zelfstandig of als onderdeel van een groter pakket impact kan hebben: Huurwoningen (7.1, 7.2 en 7.4.1), particuliere woningen (7.3, 7.4.2) en monumenten (7.4.3), woningen in het VVE-segment (7.5).

Impact
De resultaten van thema 7 zorgen voor ketenoptimalisatie. Doordat beter inzicht ontstaat in op welke punten partners gematched zouden kunnen worden voor samenwerking via het intermediar van een platform (7.1), hoe woningcorporaties projectoverstijgend samenwerken met hun uitvoeringspartijen (7.2), hoe digitale tools kunnen helpen in het samenwerken tussen de diverse partijen in de keten en mensen voor het uitvoeren van bijbehorende taken van buiten de bouw opgeleid kunnen om dit concreet op te kunnen pakken (7.4.1), wat randvoorwaarden zijn voor succesvolle samenwerking rondom lisdodde sandwichpanelen (7.4.2) en wat voor additionele waardecreatie partijen kunnen genereren rondom de energieke restauratie van monumenten (7.4.4) en hoe gewerkt kan worden aan een passend aanbod met garantie voor VvE’s door een

consortium van bedrijven, compleet met gezamenlijke concepten, aanpak, trainingen, garanties en waarborgen (7.5).

Testlocaties: Heerlen (test materiaalpasport tool in bredere digitale omgeving), HU (renovatie- en lifesciences lab HU Utrecht & lab TUe Eindhoven).

Aantal deelnemers onderwijs/ leergang deelproject.
17 betrokken studenten

Samenwerking andere thema's
Er is sprake van samenwerking tussen verschillende onderdelen in thema 7, maar ook met deelprojecten uit thema 7 keteninnovatie en andere thema's. Zo is er contact vanuit 7.3 met diverse onderdelen in thema 5, met name op het vlak van hoe om te gaan met particulieren. Ook vanuit 7.2 is er contact met thema 5 specifiek rondom de aanpak van gespikkeld bezit. Verder is er samenwerking met het thema afwegingskader vanuit 7.3 en 7.4.3. en 7.5. Tot slot wordt er samenwerking gezocht vanuit renovatieconcepten met 7.1 waarin een platform voor vraag- en aanbodbundeling wordt ontwikkeld.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 7.

Thema 8 Warmtepompen

Samenvatting resultaten

In Thema 8 ligt de focus op de ontwikkeling van tools voor een beter ontwerp, aansturing en gebruik van warmtepompen in gebouwen, op de ontwikkeling van compacte, “plug-and-play”, geluidsarme (< 25 dB) warmtepompen die tegen acceptabele kosten ingezet kunnen worden en het realiseren van test- en ontwikkelingsfaciliteiten om innovaties op dit vlak te versnellen. Het thema bestaat uit 7 deelprojecten.

In deelproject 8.1 is een eerste versie gemaakt van een configurator voor warmtepompen en systeemcomponenten. De huidige versie beperkt zich tot de lay-out van zonnepanelen voor een dakrenovatie op basis van door de gebruiker ingevoerde afmetingen van het huis. Latere versies van de configurator nemen ook het ontwerp van warmtepompen en systeemcomponenten mee. De huidige versie van de configurator maakt een visuele weergave van het dak en maakt automatisch een stuklijst/onderdelenlijst. De energieopbrengst van het geconfigureerde systeem wordt geschat, samen met een kostenraming van de dakrenovatie. Met deze tool wordt een compleet overzicht van de dakrenovatie gegeven in termen van benodigde hardware, uiterlijk, energieopbrengsten en kosten. Twee praktijkgerichte evenementen met diverse deelnemers werden georganiseerd om te experimenteren met de configurator. De evenementen werden positief ontvangen en er werd vastgesteld dat er behoefte was aan de ontwikkeling van een eenvoudige configurator voor gebruik door niet-specialisten. De sessies resulteerden in specifieke tips voor de verdere ontwikkeling van de tool.

In deelproject 8.2 is de hardware voor het eerste prototype van de Open Source Energy Manager (OSEM) gebouwd. De software is geprogrammeerd in de processor (raspberry pi) en getest, samen met het testen van de communicatie met de hardware submodules. De modelgebaseerde voorspellende regeling (MPC) en de weersvoorspellingsmodule vormen de basis van de eerste OSEM versie (iteratie 1). Deze zijn ontworpen, getest en in de hardware geïmplementeerd. Verschillende subsystemen zijn gemodelleerd, zoals zonnepanelen, warmtepompen en een tank voor warm water voor huishoudelijk gebruik. De modellen van de subsystemen worden momenteel afgerond, zodat de regelaar in een reële toepassing kan worden gedemonstreerd om de werking van een warmtepomp en een tank voor warm wateropslag te optimaliseren.

Door een ernstige terugval in omzet was Aeronamic genoodzaakt om haar activiteiten in deelproject 8.3 tijdelijk op te schorten. Omdat de rol van Aeronamic essentieel is voor het project en de andere partners hun budget kritisch bewaken is besloten het gehele deelproject tijdelijk ‘on hold’ te zetten. Aan het begin van 2021 zijn de lopende activiteiten gebracht naar een punt waar zonder grote problemen een pauze ingelast kan worden. Tijdens een projectbijeenkomst in februari is het project officieel stilgezet. Begin 2022 zal het deelproject weer gecontinueerd worden. Er is al een eerste vergadering ingepland in 2021 om te zorgen dat er 2022 een vliegende start kan worden gemaakt.

In deelproject 8.4 is de test- en ontwikkelingsfaciliteit voor warmtepompen (8.4) verder ontwikkeld om de robuustheid en flexibiliteit van de faciliteit te verbeteren. Een standaard CV-ketel en twee hybride warmtepompen zijn getest om de dynamische prestaties onder realistische gebruiksscenario's te onderzoeken. De testen zijn uitgevoerd bij toepassing in een jaren ‘70 rijtjeshuis, verwarmd met radiatoren. De voorlopige resultaten wijzen erop dat de dynamiek van het systeem een belangrijk effect heeft op de prestatie van een hybride warmtepomp. Er werd vastgesteld dat de twee geteste apparaten met vergelijkbare hardwarespecificaties heel verschillende prestaties kunnen leveren, en dat dit waarschijnlijk wordt veroorzaakt door de regeling en instellingen van de installateur. De testen hebben bijvoorbeeld aangetoond dat de prestatie van een hybride warmtepomp 25% lager kan uitvallen indien de overgang tussen ketelbedrijf en warmtepompbedrijf niet goed is geregeld. Dit wijst op de potentiële waarde van een flexibele testfaciliteit waarin naar believen testcondities kunnen worden ingesteld (en herhaald). Dit biedt de mogelijkheid tot versnelde ontwikkeling van warmtepomp- (en aanverwante) producten en is daarmee een goede aanvulling op het uitvoeren van traditionele veldproeven.

In deelproject 8.5 hebben Blueheart Energy (BHE) en TNO succesvolle verbeteringen aan de thermo-akoestische warmtepomp bereikt met verbeterde zuigerafdichtingen, energiebesparende en vermogenverhogende membranen en een verbeterde interne warmtewisselaar. Verder is een goede stap gezet naar systeemintegratie door nauwkeurige afstemming van specificaties tussen BHE en Remeha (Techneco). Het ontwikkelde prototype is in onderdelen geleverd en wordt momenteel geassembleerd.

In deelproject 8.6 heeft de TU Delft het numerieke model van de magneto-calorische warmtepomp verder ontwikkeld, en de gevoeligheid van het model voor een aantal geometrische parameters getest. De parameters betreffen materiaaleigenschappen, warmteoverdrachtscoëfficiënten en magnetische veldprofielen. Het model is een belangrijke stap in het identificeren van gebieden voor verbetering en het helpen bij het ontwerpen van verbeterde magneto-calorische warmtepompen. Magneto B.V. heeft de productie van magneto-calorische materialen opgeschaald van gramschaal naar kilogramschaal. Verscheidene chemische samenstellingen worden op kilogramschaal voorbereid om een fasediagram te creëren dat als richtlijn dient voor een geschikte reeks materialen voor de regenerator. Bovendien is de chemische samenstelling geoptimaliseerd om hoge prestaties en lage hysterese door de onzuiverheidsfasen te verminderen.

Belang thema

De deelprojecten ondersteunen de doelstellingen van MMIP4 door:

- Betrokken partijen in staat te stellen om relatief complexe combinaties van warmtepompen en subsystemen gemakkelijk te beoordelen, configuraties te optimaliseren en kosten en prestaties te voorspellen (8.1). Dit vermindert de risico's en onzekerheden bij het ontwerpen van warmtepompsystemen en verlaagt de belemmeringen voor het gebruik van dergelijke technologieën in de praktijk.

- Verbetering van de prestaties, vergroten van het aandeel duurzame warmte en verlaging van het (fossiele) energiegebruik door optimale regeling van warmtebronnen in een woning in combinatie met een opslagvat voor warm water (8.2).
- Versnelde ontwikkeling van warmtepomp- (en aanverwante) producten met een testfaciliteit (8.4) waarin testen onder (vrijwel) elke gewenste bedrijfscondities kunnen worden uitgevoerd (en indien nodig herhaald).
- Ontwikkeling van nieuwe warmtepomptechnologieën (thermo-akoestisch en magneto-calorisch, 8.5 en 8.6) met verbeterde prestaties ten opzichte van de conventionele (compressie)warmtepompen. Marktintroductie van deze technologieën wordt daardoor versneld.

Samenwerking andere thema's

Binnen deelproject 8.1 is samenwerking gerealiseerd met de aanpalende projecten in IEBB-thema 2, waar gekeken wordt naar korte termijn monitoring. Vanuit deze korte termijn monitoring zijn de methodes en resultaten geanalyseerd die in de toekomst kunnen dienen als input en feedback voor de configurator.

Ook is samengewerkt met thema 9 (warmteopslag), in de vorm van het gezamenlijk oppakken van nieuwe initiatieven voor vervolgprojecten, waarbij warmtepompen gecombineerd worden met compacte warmteopslag voor gezamenlijke optimalisatie op systeemniveau. Hiertoe zijn momenteel verschillende vervolgprojecten in voorbereiding.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 8.

Thema 9 Compacte Warmteopslag

Samenvatting resultaten

Eén van de Nederlandse doelen voor de energietransitie is het aardgas-vrij maken van de gebouwde omgeving. Om dit te kunnen realiseren met hernieuwbare energie wordt in thema 9 het verliesvrij verschuiven van hernieuwbare energie onderzocht om uiteindelijk een volledig duurzame energievoorziening mogelijk te kunnen maken. In thema 9 werken 6 projecten aan technologieontwikkeling van verschillende vormen van warmteopslag, alle met hun eigen TRL: opslag voor een periode van 1-2 weken (deelprojecten 9.1 (TRL6-7), 9.2 (TRL4-5) en 9.6 (TRL6-7)), opslag voor een periode van 3-6 maanden (deelprojecten 9.3 en 9.4, TRL ~6), en opslag met de mogelijkheid tot stabilisatie van het elektriciteitsnetwerk (deelproject 9.5; TRL ~5).

Hieronder volgt voor de verschillende projecten een beknopte samenvatting met de highlights van de resultaten van afgelopen half jaar:

- Voelbare warmteopslag met hoge energiecapaciteit (9.1): Dit deelproject is onlangs afgerond (zie deelrapportage). Er zijn een systeemmodel en een systeemconcept opgeleverd en twee verschillende pilots gerealiseerd. Beide pilots zijn werkende modellen uitgerust met regeltechniek, waarmee bottlenecks van de huidige concepten zijn geïdentificeerd en op basis waarvan doorontwikkeling naar werkende prototypes is gestart. Bovendien is de marktpotentie voor toepassing van beide innovatieve opslagmethoden geïdentificeerd en op basis hiervan wordt marktintroductie voorbereid.
- Student Challenge voelbare warmteopslag (9.2): Dit deelproject is onlangs afgerond (zie deelrapportage) en heeft drie nieuwe concepten voor warmteopslag in woningen opgeleverd: De HAN-studenten hebben een systeem ontwikkeld waarbij meerdere warmte-opslagvaten zijn toegepast binnen een woning. De HU inzending was gebaseerd op warmteopslag in een vat in de nok van een woning. De Saxion inzending maakte gebruik van bestaande ruimte in woningen voor de plaats van warmteopslag. Voor de finale van de challenge zijn rapportages en video's gemaakt van de studenten inzendingen en gepresenteerd aan de jury (zie o.a. https://www.youtube.com/watch?v=XFz6R4sZ08c).
- Betaalbare 1e generatie compacte warmteopslag (9.3): In de voorgaande periode is een verbeterde materiaalvorm geproduceerd, wat heeft geleid tot een toename van de pakkingsdichtheid en daarmee energieopslagdichtheid met 30%. Deze materialen worden momenteel in de opstelling getest. Daarnaast zijn de coatingtesten van alternatieve constructieve materialen bijna afgerond en worden geoptimaliseerde componenten voor het thermochemisch systeem gebouwd en getest.
- Ontwikkeling van een gesloten-loop TCM systeem (9.4): Binnen dit deelproject is er gewerkt aan de doorontwikkeling van het gesloten-loop TCM systeem voor materialen, systeemconfiguratie, en doorblaasbaarheid. De volgende resultaten zijn behaald: Het Coating proces van TCM materiaal is geoptimaliseerd, een verbeterde warmtewisselaar is gevalideerd, de fysica van een agglomeratie model is opgezet en de systeem simulaties voor verkenning werken.

- Redox warmteopslag (9.5): Dit deelproject heeft 2 lijnen. Voor lijn 1 (Fixed-bed reactoren) is een nieuwe batch materiaal geproduceerd dat binnen enkele weken getest gaat worden. In lijn 2 (Non-fixed bed) zijn talrijke experimenten uitgevoerd in de fluidized bed reactor, met variaties in o.a. deeltjesgrootte, materiaaltype, temperaturen, testtijden en flowrates. Momenteel wordt gezocht naar manieren om sintering te voorkomen.
- Alles onder 1 dak (9.6): De afgelopen periode is het definitief ontwerp proefdak en de opzet voor monitoring gereedgekomen, alsook de realisatie van het proefdak en de meetinrichting. Daarnaast is die gekalibreerd, en zijn de eerste meetresultaten verkregen. Aanvullend aan het “vloeistof” concept is het “lucht” concept ontwikkeld, waarvoor een ontwerp gemaakt is. Beide proefwoningen worden op dit moment gerealiseerd.

Belang thema

In de transitie naar een duurzame energiehuishouding is buffering van energie essentieel. Duurzame opwek laat zich niet altijd plannen en heeft een sterk seizoensgebonden karakter. Tot op heden is dat meestal geen probleem omdat het aandeel duurzame energie in Nederland nog relatief klein is en pieken in de duurzame opwek altijd het net op kunnen, al worden de netbeheerders ook nu al wel voor grote uitdagingen gesteld. Naarmate het opgestelde vermogen duurzame energie groeit begint het energienet steeds zwaarder belast te worden. Voor vele locaties in Nederland wordt voorlopig al geen transportindicatie meer afgegeven. En ook aan de vraagzijde nemen de pieken op het elektriciteitsnet toe. Met het besluit om gasloze woningen de norm te maken wordt er door groeiende inzet van warmtepompen (met name in de winter) een steeds groter beroep op het elektriciteitsnet gedaan. Innovaties die zich richten op het oplossen van deze problemen, waaronder warmteopslag, zijn cruciaal.

Bij een energiedichtheid van 0.75 GJ/m3 en een opslagvolume van 4 m3 kan er 3 GJ aan warmte worden gebufferd. De verwachting is dat de buffer 2-5 keer per jaar kan worden geladen en ontladen. Een energiezuinige woning in Nederland heeft een warmtevraag van ca. 20 GJ (ongeveer 600 m3 aardgasequivalent). Met de opgeslagen warmte kan dus 30-75% van de benodigde warmte worden geleverd.

Samenwerking andere thema’s

Binnen thema 9 is samengewerkt met thema 8 en thema 5.

Samenwerking met thema 8 (warmtepompen) bestond uit het gezamenlijk oppakken van nieuwe initiatieven voor vervolgprojecten, waarbij warmtepompen (thema 8) gecombineerd worden met compacte warmteopslag (thema 9), voor gezamenlijke optimalisatie op systeemniveau. Hiertoe zijn momenteel verschillende vervolgprojecten in voorbereiding.

Samenwerking met thema 5 (gedragen energietransitie) bestond uit het uitvoeren van een SEL-analyse voor 2 onderwerpen van warmteopslag. De SEL-training over de methodologie van Societal Embeddedness Levels is toegepast op warmtebatterijen voor voelbare opslag, en op warmtebatterijen voor thermochemische opslag. De SEL voor beide technologieën is bepaald, en de maatschappelijke uitdagingen voor marktintroductie zijn geïdentificeerd voor de huidige fase.

van de technologieontwikkeling. Een afzonderlijke deelrapportage hiervan is beschikbaar via thema 5.

Meer details over de resultaten van de deelprojecten in dit thema zijn te vinden in de separate mijlpaalrapportage voor Thema 9.