



## SAMENVATTING VAN HET LT READY PROJECT

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt met een subsidie in het kader van het programma Maatschappelijk Verantwoord Innoveren (MVI) binnen de regeling Topsector Energie.

TSE Project “Realistisch en betaalbaar isoleren voor lage temperatuur verwarming”

Referentienummer TESE118007

Delft, December 2021

## Projectpartners

Dit project is tot stand gekomen in een samenwerkingsverband van de volgende partijen:

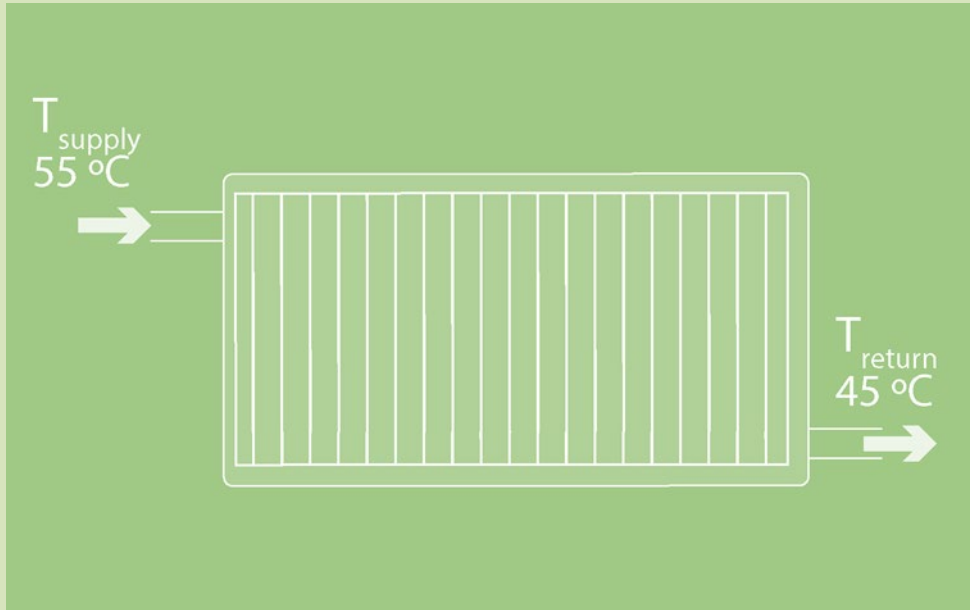
- TU Delft, faculteit Bouwkunde, afdeling Architectural Engineering & Technology
- Woningcorporaties Bo-Ex, Mitros en Portaal, Utrecht
- Bewonersverenigingen Spaargas en Duurzaam Garenkokerskwartier, Haarlem
- De Huizendokter, Haarlem
- E.b.d.a. elsie de bruyn architectuur, Haarlem



## Inhoud

1	Inleiding .....	5
2	Doel en werkwijze .....	7
2.1	Achtergrond.....	7
2.2	Probleemstelling.....	7
2.3	Doelstelling.....	8
2.4	Uitgangspunten .....	8
2.5	Werkwijze / werkpakketten / deliverables .....	9
2.5.1	WP1: Maatschappelijke Implementatie: Particuliere woningen.....	9
2.5.2	WP2: Maatschappelijke Implementatie: Corporatiewoningen.....	10
2.5.3	WP3: Stand der techniek en innovaties per categorie .....	10
2.5.4	WP4: Ontwikkelen van nieuwe maatregelenpakketten & LT-ready tool.....	10
2.5.5	WP5: Disseminatie resultaten .....	11
2.5.6	Overzicht van deelnemers.....	11
2.5.7	Overzicht deelrapporten .....	12
3	Samenvatting deelrapportages .....	14
3.1	Deelrapport 1 Bestaande situatie Garenkokerskwartier en Ramplaankwartier .....	14
3.2	Deelrapport 2 Pilotwoningen Garenkokerskwartier en Ramplaankwartier .....	15
3.3	Deelrapport 3 Inventarisatie maatregelen en metingen corporatiewoningen.....	17
3.4	Deelrapport 4 Inventarisatie huidige en innovatieve technieken.....	18
3.5	Deelrapport 5 Analyses en simulaties corporatiewoningen .....	18
3.6	Deelrapport 6 Ontwikkeling LT Ready tool .....	19
4	Conclusies en aanbevelingen .....	22
4.1	Conclusies.....	22
4.2	Discussie .....	24
4.3	Aanbevelingen voor verder onderzoek .....	25

# Inleiding



## 1 Inleiding

In het kader van de energietransitie worden verschillende mogelijkheden onderzocht om bestaande woningen op een duurzame manier te verwarmen. Een van de mogelijkheden daarvoor is het gebruik maken van lage temperatuur verwarmingssystemen. Om die te kunnen toepassen moeten woningen voldoende geïsoleerd zijn en dat gaat bij bestaande woningen vaak met hoge kosten gepaard.

Dit LT Ready-project heeft tot doel te onderzoeken of het mogelijk is om bestaande woningen met een zo min mogelijk ingrijpend pakket aan maatregelen op een haalbare en betaalbare manier geschikt te maken voor een duurzaam verwarmingssysteem op lage temperatuur.

LT-ready betekent in dit onderzoek dat een woning gereed is om aangesloten te kunnen worden op een verwarmingssysteem met een aanvoertemperatuur van 55°C.

Het onderzoek is uitgevoerd door de TU Delft in samenwerking met drie woningcorporaties uit de regio Utrecht, bewonersorganisaties van particuliere woningen in Haarlem, een energieadviseur en een architect om de esthetische aspecten te waarborgen.

Aan de hand van metingen en simulaties bij meerdere pilot-woningen is onderzocht wat de mogelijkheden en beperkingen zijn van de LT-Ready aanpak. Daarnaast is een inventarisatie gemaakt van huidige en toekomstige innovatieve technieken om LT-Ready mogelijk te maken.

Dit heeft geresulteerd in een LT-Ready tool waarmee voor individuele woningen kan worden beoordeeld met welk pakket maatregelen LT-Ready haalbaar is.

Dit rapport bevat een overzicht van de verschillende deelonderzoeken met een verwijzen naar de afzonderlijke deelrapporten.

Hoofdstuk 2 beschrijft doel en werkwijze van het onderzoek en hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de deelrapportages. In hoofdstuk 4 worden de conclusies van de deelonderzoeken samengevat en worden aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan.



## 2 Doel en werkwijze

### 2.1 Achtergrond

Een energierenovatie van een woning kan op verschillende ambitieniveaus worden uitgevoerd. Nul-op-de-meter (NoM) is hierbij een bekend concept. In de praktijk blijkt dat NoM concepten vaak te ambitieus zijn voor een grote groep woningen, met name vooroorlogse, en leidt tot extreem hoge kosten die zich niet terugverdienen. Ook blijkt uit onderzoek<sup>1</sup> dat voor een duurzame oplossing een NoM renovatie niet altijd noodzakelijk is, maar dat het wel nodig is de woningen dusdanig te renoveren dat met lage temperatuur (<55 °C) verwarmd kan worden.

We richten ons specifiek op de renovatiestap naar lage temperatuurverwarming om drie redenen:

- Zodra met lage temperatuur kan worden verwarmd (d.w.z. de temperatuur van het warme water dat in afgiftesystemen zoals radiatoren of vloerverwarming gaat) worden duurzame oplossingen (restwarmte, warmtepompen of zonne-energie) veel efficiënter en daardoor haalbaarder. Het systeem vraagt na deze stap dus nog minder energie en duurzame opwekking kan worden geïntroduceerd. Door de opwekking op wijkniveau te regelen kunnen individuele huizen daarna alsnog het nul-op-de-meter niveau halen. Daarnaast kan bij een temperatuurniveau van < 55 °C het bestaande afgiftesysteem waarschijnlijk nog voldoende vermogen leveren (eventueel met aanpassingen) terwijl bij veel lagere temperaturen het afgiftesysteem moet worden vervangen.
- De grootste energiereductie wordt behaald bij de eerste isolatiemaatregelen<sup>2</sup> en deze maatregelen verdienen zich dus het makkelijkst terug.
- Na de 'basis' isolatie tot lage temperatuur verwarming kan het geld soms beter worden geïnvesteerd in een efficiënte opwekking dan in nog ambitieuzere isolatiemaatregelen, vanwege 1) de kosten en 2) de verregaande gevolgen voor de bewoner.

### 2.2 Probleemstelling

Om een LT-ready niveau te bereiken zijn isolatie- en ventilatiemaatregelen nodig, maar vaak blijkt dit om technische, esthetische en financiële redenen moeilijk haalbaar. Zo is bij vooroorlogse woningen spouwisolatie meestal niet mogelijk en is binnen- of buitengevelisolatie te ingrijpend of te duur. Ook bij vloerisolatie loopt men al snel tegen diverse belemmeringen aan.

---

1 <http://smarturbanisle.eu/>

2 Majcen D., Itard L. C. M., Visscher H.J. (2013). Energielabels en werkelijk energiegebruik. TVVL Magazine | 01 | 2013 ENERGIEGEBRUIK.

Het feit dat zulke isolatiemaatregelen moeilijk haalbaar - realistisch en betaalbaar - zijn, vormt dus een belemmering voor het introduceren van lage temperatuur verwarming, en daarmee voor het introduceren van veel alternatieve oplossingen voor duurzame opwekking.

Daarnaast zijn er ook maatschappelijke en sociaal wetenschappelijke vraagstukken omtrent energierenovatie. Uit onderzoek blijkt dat er weinig kennis over en aandacht voor bewonerseisen en wensen is omtrent energierenovatie<sup>3</sup>, maar dat bewoners wel een cruciale rol spelen bij het accelereren en opschalen van energierenovatie.<sup>4</sup> Geen rekening houden met bewoners is dus een barrière voor grootschalige renovatie<sup>5</sup>.

Deze technische en maatschappelijke vraagstukken zijn relevant omdat het renoveren en isoleren van woningen op grote schaal noodzakelijk is voor het introduceren van duurzame opwekking in de gebouwde omgeving, zodat uiteindelijk een energieneutrale gebouwde omgeving in 2050 kan worden bereikt. Hierbij spelen er dus twee aspecten: enerzijds de techniek, en anderzijds de aandacht voor bewonerseisen en wensen t.a.v. energierenovatie en thermisch comfort in de woning.

## 2.3 Doelstelling

Dit onderzoek heeft als doel om innovatieve en betaalbare concepten en materialisaties van energierenovatie te ontwikkelen, waardoor niet per se nul-op-de-meter wordt gehaald, maar wel in elk geval met lage temperatuur (<55 °C) verwarmd kan worden.

Dit resulteert in verschillende LT-ready maatregelenpakketten (isoleren vloer, gevel, raam en ventilatiemaatregelen). Een LT-ready woning schept de voorwaarde voor een duurzame warmtevoorziening zonder aardgas. Door de resterende energievraag vervolgens duurzaam op te wekken op wijkniveau, kan alsnog een energieneutrale of 'NoM' wijk worden ontwikkeld.

Het onderzoek moet ook meer inzicht geven in eisen en wensen van woningeigenaren en bewoners omtrent energierenovatie.

## 2.4 Uitgangspunten

In dit onderzoek wordt ingezet op lage temperatuurverwarming op of onder de 55 °C. Deze temperatuur is gekozen vanwege de zoektocht naar een financieel optimum:

---

<sup>3</sup> Mlecnik, E., & Straub, A. (2015). Experiences of homeowners regarding nearly zero-energy renovations and consequences for business models. In *PLEA 2015: 31th International PLEA Conference "Architecture in (R)evolution."* Bologna.

<sup>4</sup> Abreu, M. I., Oliveira, R., & Lopes, J. (2017). Attitudes and Practices of Homeowners in the Decision-making Process for Building Energy Renovation. *Procedia Engineering*, 172, 52–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.016>

<sup>5</sup> Shima Ebrahimigharehbaghi, Queena K. Qian, Frits M. Meijer, Henk J. Visscher, Transaction costs as a barrier in the renovation decision-making process: A study of homeowners in the Netherlands, *Energy and Buildings*, Volume 215, 2020, 109849, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109849>.



- Bestaande radiatoren hoeven waarschijnlijk niet te worden vervangen bij deze temperatuur. De bestaande radiator kan namelijk bij dit temperatuurniveau circa de helft van het oorspronkelijk ontwerpvermogen leveren. Met aanpassingen zoals boosters kan dit getal worden verhoogd. Bij lagere temperaturen (30/40 °C) ligt dit getal slechts op circa 14%.<sup>6</sup>
- Het isoleren van de woning voor deze temperatuur betekent ook de grootste stap in energiereductie (en dus in energiekosten), namelijk de stap van energielabel F naar circa energielabel B/C.

Een LT-ready renovatie zou niet meer dan €12.000 voor de isolatiemaatregelen in een tussenwoning mogen kosten, exclusief installaties. Dit bedrag is gebaseerd op een haalbare terugverdientijd. Er is onderzocht in hoeverre een LT-Ready renovatie binnen dit budget mogelijk is.

Het pakket maatregelen moet bij voorkeur binnen 1 a 3 dagen kunnen worden uitgevoerd met minimale impact voor de bewoner (de woning moet bewoond kunnen blijven tijdens de renovatie).

Om te kunnen bepalen welke maatregelen nodig zijn om de woning op een temperatuurniveau van <55°C te kunnen verwarmen, moet om te beginnen worden bepaald wat de capaciteit van het huidige warmteafgiftesysteem is bij de lagere aanvoertemperatuur. Vervolgens moet worden bepaald wat het warmteverlies door transmissie en ventilatie is om daarmee de minimaal benodigde verwarmingscapaciteit te bepalen. Daarbij moet ook het ventilatiesysteem op een voldoende niveau worden gebracht zodat een gezonde binnenluchtkwaliteit gegarandeerd kan worden. Dit kan er toe leiden dat het warmteverlies door ventilatie ten opzichte van de bestaande situatie zal toenemen.

Om te kunnen bepalen hoeveel het warmteverlies beperkt moet worden om LT-Ready te worden moet dus bekend zijn wat de capaciteit van de aanwezige radiatoren is en wat het warmteverlies in de huidige situatie is, na eventuele verbetering van het ventilatiesysteem. Dit betekent dat niet in zijn algemeenheid kan worden bepaald welke maatregelen minimaal nodig zijn, zelfs niet voor vergelijkbare woningen in een straat, maar dat dit voor elke woning afzonderlijk beoordeeld moet worden. Daarom is een LT-Ready tool ontwikkeld waarmee voor elke situatie kan worden beoordeeld met welke pakketten maatregelen het LT-Ready niveau kan worden bereikt.

## 2.5 Werkwijze / werkpakketten / deliverables

Het project is uitgevoerd aan de hand van een aantal pilotprojecten in twee regio's:

- in particuliere woningen in Haarlem (Ramplaankwartier en Garenkokerskwartier)
- in corporatiewoningen in de regio Utrecht (corporaties Mitros, Portaal en Bo-Ex)

De activiteiten van het project zijn onderverdeeld in vijf werkpakketten die hierna kort worden beschreven

### 2.5.1 WP1: Maatschappelijke Implementatie: Particuliere woningen

---

<sup>6</sup> DWA. (2017). *Verduurzaming warmtevoorziening bestaande woningen in Statenkwartier en Vogelwijk Den Haag*

Onderzoek in WP1 richt zich op de implementatie van maatregelen in particuliere woningen:

1. Het onderzoeken in welke mate bestaande al genomen maatregelen voor energierenovatie lage temperatuur verwarming mogelijk maken, welke knelpunten er zijn en wat de tevredenheid van de bewoners is (t.a.v. comfort, overlast en 'gedoe') over deze maatregelen.
2. Het uitvoeren van 1 pilotwoning waar voorgestelde maatregelen worden toegepast, en het meten van temperatuur en comfort in deze woning

*Deliverables:*

- D1.1 Rapport met: beknopte analyse van reeds genomen besparingsmaatregelen, inclusief geïdentificeerde knelpunten, ervaren comfort bewoners en meetresultaten van geselecteerde woningen.
- D1.2 Verslag met feedback van bewoners over voorgestelde nieuwe technieken (WP3).
- D1.3 Beschrijving van de maatregelen in de pilotwoning(en), inclusief bouwplan, inschatting kosten en meetresultaten.

### 2.5.2 WP2: Maatschappelijke Implementatie: Corporatiewoningen

Het doel van WP2 is gelijk aan het doel voor WP1, maar dan toegespitst op corporatiewoningen. Voor WP2 wordt een analyse gemaakt van minimaal 1 bestaand project bij elk van de drie corporaties.

*Deliverables:*

- D2.1 inventarisatie/analyse maatregelen van 3 projecten corporatiewoningen, inclusief geïdentificeerde knelpunten en meetresultaten van de drie geselecteerde woningen.
- D2.2 bevindingen nieuwe technieken, uitkomst prijsvraag *De Isolatie Uitdaging*
- D2.3 beschrijving van de maatregelen in de pilotwoning, inclusief bouwplan, inschatting kosten en meetresultaten.

### 2.5.3 WP3: Stand der techniek en innovaties per categorie

Doel van WP3 is het in kaart brengen van bestaande maatregelen en het breed inventariseren van innovatieve materialen en technieken. Er wordt uitdrukkelijk gekeken naar oplossingen voor woningen waarbij standaard maatregelen (bijv. spouwmuurisolatie) niet mogelijk zijn. Dit gebeurt per categorie: 1) Gevel; 2) Dak; 3) Vloer; 4) Glas & kozijnen; 5) Ventilatie & kierdichting.

*Deliverables :*

- D3.1 inventarisatie en analyse van huidige en innovatieve technieken

### 2.5.4 WP4: Ontwikkelen van nieuwe maatregelenpakketten & LT-ready tool.

Doel van WP4 is het ontwikkelen van de LT-ready tool en enkele LT-ready pakketten voor verschillende woningtypen. De LT-ready tool geeft een overzicht van beschikbare materialen en technieken en maakt het mogelijk om te bepalen welk maatregelenpakket leidt tot een 'LT-ready' isolatieniveau.

**Deliverables:**

- D4.1 Analyse van de geselecteerde en gemeten bestaande woningen + aanbevelingen.
- D4.2 Analyse van berekeningen en metingen van de nieuwe pakketten geïmplementeerd in pilots
- D4.3 LT-ready tool

### 2.5.5 WP5: Disseminatie resultaten

Werkpakket 5 heeft als doel de disseminatie van de resultaten naar stakeholders, waaronder woningeigenaren, (EPA) adviseurs, aannemers en woningcorporaties. Voor de disseminatie is de website [www.ltready.info](http://www.ltready.info) opgezet met de projectresultaten. Ook wordt er een aantal papers gepubliceerd over de onderzoeksresultaten en zijn de resultaten gepresenteerd op verschillende 'aardgasvrij' evenementen, zoals het Urban energy symposium "Low Temperature Ready: Buildings, Networks and Users" <https://www.tudelft.nl/evenementen/2021/urban-energy/lt-ready-symposium> .

### 2.5.6 Overzicht van deelnemers

Tabel 2.1 Overzicht deelnemers

Naam deelnemer	Rol in project
1. TU Delft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penvoerder</li> <li>• Brede ondersteuning WP1 en 2</li> <li>• WP leider WP3, WP4 en WP5. Brede ondersteuning fase 3, testen innovaties</li> </ul>
2. Eelco Fortuijn Services (namens SpaarGas en Stichting DE Ramplaan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leider WP1</li> <li>• Coördinatie van communicatie met particuliere woningeigenaren Ramplaankwartier</li> <li>• Ondersteuning bij de overige werkpakketten</li> </ul>
3. Coöperatie Duurzaam Garenkokerskwartier	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondersteuning bij bewonerscommunicatie en metingen Garenkokerskwartier</li> </ul>
4. DRZM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementatie en coördinatie particuliere pilot(s)</li> <li>• Ondersteuning bij WP1 en WP4 ten aanzien van kosten en maakbaarheid</li> </ul>
5. Huizendokter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventarisatie van maatregelen en uitvoering metingen bij particuliere woningen</li> <li>• Meedenken met WP3 en 4.</li> </ul>
6. e.d.b.a.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondersteuning fase 2 techniekontwikkeling, architectonische beoordeling</li> <li>• Ondersteuning bij implementatie particuliere pilot(s)</li> </ul>
7. Mitros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delen van kennis omtrent maatregelen corporatiewoningen</li> </ul>
8. Portaal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delen van kennis vanuit <i>De Isolatie Uitdaging</i></li> <li>• Communicatie met bewoners</li> </ul>
9. Bo-Ex	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per corporatie:               <ul style="list-style-type: none"> <li>1 project voor de brede analyse en</li> <li>1 woning per project voor de metingen</li> </ul> </li> <li>• Uitvoeren van minimaal 1 pilot in totaal</li> </ul>

### 2.5.7 Overzicht deelrapporten

In tabel 2.2 is een overzicht gegeven van de zes deelrapporten en de bijbehorende deliverables uit de verschillende werkpakketten. In hoofdstuk 3 wordt een samenvatting gegeven van deze deelrapporten.

*Tabel 2.2 Overzicht deelrapportages en deliverables*

Deelrapporten / bijlagen	Inhoud deelrapport	Deliverable	Beschrijving Deliverables
<b>Deelrapport 1</b> Bestaande situatie Garenkokerskwartier en Ramplaankwartier	Beschrijving van woningtypes, woninggebruik, reeds genomen maatregelen.	D1.1	Beknopte analyse van reeds genomen besparingsmaatregelen, inclusief geïdentificeerde knelpunten, ervaren comfort bewoners en meetresultaten van geselecteerde woningen.
<b>Deelrapport 2</b> Analyse en advies pilotwoningen Garenkokerskwartier en Ramplaankwartier	Analyse pilotwoningen Ramplaankwartier en Garenkokerskwartier Beschrijving pakketten maatregelen met kostenraming Feedback/leuze van bewoners voor pakket maatregelen	D1.2	Verslag met feedback van bewoners over voorgestelde nieuwe technieken (WP3).
		D1.3	Beschrijving van de maatregelen in de pilotwoning(en), inclusief bouwplan, inschatting kosten en meetresultaten.
<b>Deelrapport 3</b> Inventarisatie maatregelen en metingen corporatiewoningen	Metingen van temperaturen in drie projecten waarbij in twee gevallen al maatregelen zijn uitgevoerd en in één geval voorafgaand aan het aanbrengen van een isolatiemaatregel en na het aanbrengen van de isolatie. Overzicht van maatregelpakketten met kosten.	D2.1	Inventarisatie/analyse maatregelen van 3 projecten corporatiewoningen, inclusief geïdentificeerde knelpunten en meetresultaten van de drie geselecteerde woningen.
		D2.3	Beschrijving van de maatregelen in de pilotwoning, inclusief bouwplan, inschatting kosten en meetresultaten.
<b>Deelrapport 4</b> Inventarisatie huidige en innovatieve technieken Bijlage A Isolatiematerialen Bijlage B Ventilatiesystemen	Overzicht van mogelijke maatregelen op het gebied van thermische isolatie en ventilatie. Overzicht van de innovatieve isolatieoplossingen die uit de prijsvraag <i>De Isolatie Uitdaging</i> zijn gekomen. Overzicht van innovatieve uitvoerings en productietechnieken die kunnen bijdragen aan LT-Ready. Beslisbomen voor keuze maatregelen.	D2.2	Bevindingen nieuwe technieken
		D3.1	Inventarisatie en analyse huidige en innovatieve technieken
<b>Deelrapport 5</b> Analyses en simulaties corporatiewoningen	Analyses van meetgegevens en simulaties van maatregelenpakketten bij pilotwoningen Vergelijking van dynamische simulaties met ISO51	D4.1	Analyse van de geselecteerde en gemeten bestaande woningen + aanbevelingen.
		D4.2	Analyse van berekeningen en metingen van de nieuwe pakketten geïmplementeerd in pilots
<b>Deelrapport 6</b> Ontwikkeling LT Ready tool Bijlage Thesis LT Ready Bijlage Excel-tool LT-Ready	Beschrijving LT Ready-tool Voorbeeldberekeningen met Pilotwoningen	D4.3	LT-ready tool



### 3 Samenvatting deelrapportages

#### 3.1 Deelrapport 1 Bestaande situatie Garenkokerskwartier en Ramplaankwartier

In deze rapportage wordt een overzicht gegeven van de reeds genomen energie besparingsmaatregelen in het Garenkokerskwartier en het Ramplaankwartier in Haarlem. Ook is de bewoners gevraagd naar eventuele knelpunten die zij ervaren hebben (of nog steeds ervaren) bij het toepassen van energiebesparende maatregelen en de invloed die de maatregelen op het comfort hebben gehad. Daarnaast is er nog naar het energiegebruik van de woningen gevraagd.

Deze rapportage geeft ons een overzicht van de huidige staat van het Garenkokerskwartier en het Ramplaankwartier. In zowel het Garenkokerskwartier als het Ramplaankwartier zijn voornamelijk koopwoningen (Garenkokerskwartier 67%, Ramplaankwartier 81%). Beide buurten bestaan voornamelijk uit oudere eengezinswoningen met particuliere eigenaren. De respondenten vormen geen representatieve groep voor Nederland, maar vertegenwoordigen wel de meest voorkomende groep bewoners in de buurten. Daarom zijn de inzichten die we via deze enquête vinden relevant voor de buurt. Net zoals het grootste gedeelte van Nederland maken veruit de meeste woningen gebruik van een combi HR107 ketel voor verwarming en warm tapwater en een ruimtethermostaat.

In beide buurten ligt het gasverbruik iets hoger dan het Nederlands gemiddelde gasgebruik in Nederland. Dit komt onder andere door het relatief grote oppervlak van de woningen en het relatief grote aantal oudere woningen.

In slechts een gedeelte van de woningen zijn energiebesparende maatregelen toegepast. Meest voorkomende energiebesparende maatregel is het vervangen van enkel glas voor dubbel glas en soms al HR++ glas.

Zowel in het Garenkokerskwartier als het Ramplaankwartier wordt aangegeven dat vloerisolatie (of het verbeteren van aanwezige isolatie) een maatregel is waar veel bewoners interesse in hebben, bijna 60% geven aan om hiermee aan de slag te willen gaan. Hoewel dat voor sommige woningen nog wel een uitdaging is omdat niet alle woningen een (toegankelijke)kruipruimte hebben.

In beide buurten is het dak vaak al enigszins geïsoleerd. In de woningen waar het dak nog niet geïsoleerd is staat dat op het “wensenlijstje” van de bewoners.

Ook in gevelisolatie hebben de bewoners interesse, maar dat staat voor de meeste op de lange termijn planning.

Vocht is in deze buurten een veel voorkomend probleem. Vaak zijn de houten vloeren verrot en vervangen door betonnen vloeren.

De meeste deelnemers zetten de thermostaat over dag op 20 graden en passen een nachtverlaging van vier graden toe naar 16 graden. Hierbij staat de thermostaat meestal 12 uren op de hoge stand. Veel bewoners geven aan de bovenverdieping niet of matig te verwarmen.

De analyse laat zien dat de bewoners interesse hebben in het verduurzamen van hun woning, maar dat de woning karakteristieken ervoor zorgen dat dat niet altijd eenvoudig is. Vooral gevel isolatie lijkt lastig te zijn in deze wijken. De bewoners zijn zich hiervan bewust van de risico's (bijvoorbeeld vocht) bij gevelisolatie en velen geven dan ook aan interesse te hebben in het isoleren van de gevel, maar op langere termijn.

## 3.2 Deelrapport 2 Pilotwoningen Garenkokerskwartier en Ramplaankwartier

In deze rapportage worden de maatregelen van twee pilotwoningen in het Ramplaankwartier en Garenkokerskwartier beschreven inclusief bouwplan, inschatting kosten en simulatieresultaten. Daarnaast wordt gekeken welke aspecten invloed hebben op het bepalen van de optimale maatregelen voor het "LT-ready" maken van de woning. Deze rapportage kan onder andere gebruikt worden als afwegingskader welke maatregelen er nodig zijn om de woning LT ready te maken, wat de kosten ervan zijn en wat de ruimtelijke consequenties van de verschillende maatregelen zijn. Ook draagt het overleg met de bewoner bij aan een beter inzicht in afwegingsaspecten die voor de bewoner van belang zijn.

De pilotwoningen zijn gebruikt om LT-Ready tool te testen.

### *Conclusies pilotwoning 1*

De analyses laten zien dat het mogelijk is de woning geschikt te maken voor lage temperatuur verwarming. Hoeveel maatregelen er nodig zijn is afhankelijk van het geïnstalleerd verwarmingsvermogen, de comfort eisen die aan de woning gesteld worden, temperatuur instellingen van de thermostaat. Om kosten te besparen en achteraf toch geen spijt te hebben van de uitgevoerde maatregelen zou ervoor gekozen kunnen om eerst de ruimtes te renoveren die veel gebruikt worden (bijvoorbeeld de woonkamer) en pas wanneer er extra budget beschikbaar is ook de overige ruimtes aan te pakken. Ook laat de analyse zien dat achterstallig onderhoud (zoals bijvoorbeeld enkel glas) een grote kostenpost is. Voordat er gerenoveerd wordt is het belangrijk na te gaan of de renovatie vergunningsplichtig is. Indien dit het geval is moet een vergunningsaanvraag bij het omgevingsloket gedaan worden. Deze moet voldoen aan het bouwbesluit in sommige gevallen mag teruggevallen worden op 'rechtens verkregen niveau'. Daarnaast is het natuurlijk belangrijk rekening te houden in hoeverre de renovatie invloed heeft op de esthetische aspecten van de woning.

Uit het bewonersgesprek werd duidelijk dat de bewoner veel aanvullende vragen had. De LT ready tool (omschreven in deelrapport 6) wat tijdens de bespreking met de bewoner nog niet in zijn geheel beschikbaar, maar de verwachting is dat de tool de bewoner extra duidelijkheid en onderbouwing kan bieden bij het maken van de keuzes. Daarnaast worden aspecten als waterzijdig inregelen opgemerkt bij de bewoner, dit is niet verwerkt in de tool, maar een gedegen installateur zou dit moeten uitvoeren. Of dit in praktijk werkelijk gedaan wordt is echter maar de vraag.

Kwaliteitscontrole gedurende de bouw is belangrijk, maar niet een aspect dat binnen het LT ready project opgelost kan worden.

### *Conclusies pilotwoning 2*

Afhankelijk van de huidige staat van de woning kunnen ook deze oude huizen redelijk goed LT-ready gemaakt worden. In het geval van pilotwoning 2 was het voordeel dat bijna al het glas al vervangen was door HR++ glas. Hoe groot de invloed van de beglazing op het LT-ready maken van een woning is wordt duidelijk bij het testen van de lage stooktemperaturen op de begane grond. De slecht isolerende en niet luchtdichte ramen aan de achterkant zijn voor een groot deel verantwoordelijk daarvoor dat de aanwezige radiatoren in een koude winter al bij stooktemperaturen van 60-70 graden niet meer genoeg warmtecapaciteit hebben om de warmteverliezen te compenseren.

Op de verdiepingen zijn de geplaatste lt-radiatoren door de aanwezige isolatie en de goed sluitende en goed isolerende ramen makkelijk in staat om ook in koude periodes op lage temperatuur (35 – 40 graden) genoeg warmte af te geven.

### *Algemene conclusies pilotwoningen*

Om te bepalen welke maatregelen geschikt zijn om de woning (woonkamer) "LT-ready" te maken moet rekening gehouden worden met de volgende aspecten:

- Huidige staat van de woning. Achterstallig onderhoud kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat de kosten om de woning LT-ready te maken hoger zijn dan verwacht. Ook kan het een goede aanleiding zijn om de woning grondig aan te pakken en de woning niet alleen LT-ready te maken, maar ook energie zuinig
- Budget. Het budget bepaalt in hoge mate welke maatregelen voor het LT-ready maken van de woning mogelijk zijn.
- No-regret: Wegens de budget beperking zijn niet altijd alle maatregelen mogelijk. Daarom moet bij het kiezen van de meest effectieve maatregel(en) ook naar de toekomst gekeken worden. Het zou bijvoorbeeld kunnen dat met het oog op de toekomst het kosten effectiever is om nog even te wachten met een bepaalde renovatie maatregel en het direct optimaal uit te voeren in plaats van een maatregel nu niet optimaal toe te passen maar waardoor er later wel minder noodzaak is om verder te verduurzamen.
- Impact van de maatregelen gedurende de uitvoeringsfase: Wanneer de woning bewoond is ligt het vaak aan de persoonlijke situatie of bepaalde maatregelen acceptabel zijn. De vloer van onder isoleren heeft voor de bewoners gedurende de uitvoeringsperiode minimale impact, maar de vloer vervangen voor bijvoorbeeld een broodjesvloer zal ervoor zorgen dat de bewoners de meubels moeten verplaatsen een nieuwe afwerkvloer moeten aanschaffen en dat ze gedurende de uitvoeringsperiode geen gebruik kunnen maken van de ruimten op de begane grond. Afhankelijk van de flexibiliteit en gezinssituatie van de bewoners kan de impact van een bepaalde maatregel ervoor zorgen dat de bewoner ervoor kiest deze wel of niet uit te voeren.



- Thermostaat instellingen: zoals in de rapportage te lezen, hebben de thermostaatinstellingen invloed op de LT-readiness van een woning. De opwarmtijd kan aanzienlijk beperkt worden door langere verwarmingstijden en lagere nachtverlaging (of helemaal geen nachtverlaging).
- Comfort wensen: Comfort is een belangrijk aspect dat in deze analyse niet is meegenomen. Lage temperatuur kan bijvoorbeeld zorgen voor koudeval bij de ramen wat discomfort kan opleveren. Hier moet wel rekening mee gehouden worden wanneer men besluit definitief over te stappen op lage temperatuur verwarming

### 3.3 Deelrapport 3 Inventarisatie maatregelen en metingen corporatiewoningen

Voor het LT-ready project zijn verschillende (gerenoveerde) woningen van woningbouwcorporaties voor een bepaalde tijd gemonitord.

De woningen 1, 2 en 3 zijn jaren '30 rijtjeswoningen uit verschillende complexen waar spouwmuurisolatie is toegepast. Bij woning 1 is een innovatief spouwisolatiemateriaal toegepast. Woning 4 is een jaren'80 tussenwoning die al deels geïsoleerd is en waar innovatief isolerend stucwerk als aanvullende maatregel is toegepast. Woning 5 is een jaren'70 hoekwoning waar een innovatief buitengevelisolatiesysteem toegepast zou worden, maar wegens leveringsproblemen is dit nog niet uitgevoerd.

De meetresultaten laten zien dat gedurende de meetperiode de gewenste binnentemperaturen behaald worden. In de gemeten jaren waren de temperaturen echter vrij zacht. De CO<sub>2</sub> waarden voldoen in de meeste gevallen aan de maximale toelaatbare waarden, met uitzondering van woning 2 waar onvoldoende werd geventileerd mogelijk door een combinatie van een onjuiste afstelling van het systeem en een verkeerde plaatsing van de sensoren.

Dat de gewenste binnen temperaturen behaald zijn betekent dus niet dat de woningen gereed zijn voor lage temperatuur verwarming. Om hier uitsluitsel over te geven, zullen de woningen gemeten moeten worden in een koudere periode. Aangezien dit niet mogelijk was binnen de tijd van het project zijn er in deelrapport 5 "*D4.1 & D4.2 – Analyses van de geselecteerde en gemeten bestaande woningen*" simulatie modellen gemaakt op basis van de gebouw inspectie resultaten en de meetresultaten die gepresenteerd zijn in deze rapportage. Door het gebruik van koudere klimaatjaren in de simulaties kan alsnog bekeken worden of een woning in staat is de gewenste binnentemperaturen te behalen gedurende de winterperiode.

In twee van de woningen zijn innovatieve renovatie maatregelen toegepast: Woning 1 heeft een innovatieve spouwvulling en in woning 4 is isolerend stucwerk toegepast.

In woning 4 zijn U-waarde metingen uitgevoerd om te meten of de gevel na het aanbrengen van de isolerende stuclaag ook daadwerkelijk resulteert in een verbetering van de U-waarde. Het effect van het isolerende stucwerk kon via deze metingen helaas niet bevestigd worden, reden hiervoor is dat de te behalen toename in Rc-waarde van de wand door middel van het isolerende stucwerk volgens de fabrikant 0.35 m<sup>2</sup>K/W is en dit ligt in dezelfde orde van grootte als de onzekerheidsmarge van de metingen. Er is geen toename van de Rc-waarde gemeten, maar dit kan dus ook worden toegeschreven aan de onnauwkeurigheid van de metingen. De gemeten binnentemperaturen geven

geen significant verschil te zien tussen de situatie voor en na het aanbrengen van het isolerende stucwerk .

De grootste kostenposten bij de renovatiemaatregelen zijn het isoleren van het dak, het vervangen van de vloer en het aanbrengen van een balansventilatiesysteem met warmteterugwinning. Manieren om de kosten van deze onderdelen terug te brengen, zullen het meest effect hebben op beter betaalbare energierenovaties in de woningvoorraad.

### 3.4 Deelrapport 4 Inventarisatie huidige en innovatieve technieken

Dit deelrapport geeft een overzicht van de mogelijke maatregelen om een woning LT-Ready te maken. De gangbare methoden voor isolatie van muren, vloeren, daken, ramen en deuren worden beschreven, waarbij ook de milieuaspecten, mogelijke knelpunten en risico's worden aangegeven. Per isolatie-ingreep zijn beslisbomen opgesteld waarmee kan worden beoordeeld welke maatregelen al dan niet mogelijk zijn of welke risico's ze met zich meebrengen.

Naast isolatiemaatregelen zijn ook adequate ventilatievoorzieningen nodig. Er is beschreven waaraan ventilatievoorzieningen moeten voldoen en welke mogelijkheden er zijn voor energiezuinig ventileren.

Door de Utrechtse woningcorporaties is de prijsvraag *De Isolatie Uitdaging* uitgeschreven, waarmee marktpartijen is gevraagd om te komen met nieuwe oplossingen om bestaande woningen snel en met weinig overlast te kunnen isoleren. Deze prijsvraag heeft een aantal innovatieve oplossingen opgeleverd.

Verder zijn innovatieve productie- en uitvoeringstechnieken beschreven die in de toekomst bij meer woningen LT-Ready haalbaar en betaalbaar kunnen maken.

### 3.5 Deelrapport 5 Analyses en simulaties corporatiewoningen

In deze rapportage worden de maatregelen van de pilotwoningen beschreven inclusief bouwplan, een inschatting van de kosten en meetresultaten. Daarnaast wordt gekeken welke aspecten invloed hebben op het bepalen van de optimale maatregelen voor het "LT-ready" maken van de woning.

Om te bepalen welke maatregelen geschikt zijn om de woning (woonkamer) "LT-ready" te maken, moet rekening gehouden worden met de volgende aspecten:

- Huidige staat van de woning. Achterstallig onderhoud kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat de kosten om de woning LT-ready te maken hoger zijn dan verwacht. Ook kan het een goede aanleiding zijn om de woning grondig aan te pakken en de woning niet alleen LT-ready te maken, maar ook energie zuinig
- Budget. Het budget bepaalt in hoge mate welke maatregelen voor het LT-ready maken van de woning mogelijk zijn.
- No-regret: Wegens de budget beperking zijn niet altijd alle maatregelen mogelijk. Daarom moet bij het kiezen van de meest effectieve maatregel(en) ook naar de toekomst gekeken

worden. Het zou bijvoorbeeld kunnen dat met het oog op de toekomst het kosten-effectiever is om nog even te wachten met een bepaalde renovatie maatregel en het in een later stadium direct optimaal uit te voeren. Een “halve” isolatiemaatregel kan weggegooid geld zijn als er later alsnog volledig wordt geïsoleerd.

- Impact van de maatregelen gedurende de uitvoeringsfase: Wanneer de woning bewoond is ligt het vaak aan de persoonlijke situatie of bepaalde maatregelen acceptabel zijn. De vloer van onder isoleren heeft voor de bewoners gedurende de uitvoeringsperiode minimale impact, maar de vloer vervangen voor bijvoorbeeld een broodjesvloer zal ervoor zorgen dat de bewoners de meubels moeten verplaatsen een nieuwe afwerkvloer moeten aanschaffen en dat ze gedurende de uitvoeringsperiode geen gebruik kunnen maken van de ruimten op de begane grond. Afhankelijk van de flexibiliteit en gezinssituatie van de bewoners kan de impact van een bepaalde maatregel ervoor zorgen dat de bewoner ervoor kiest deze wel of niet uit te voeren.
- Thermostaat instellingen: zoals in de rapportage te lezen hebben de thermostaatinstellingen invloed op de LT-readiness van een woning. De opwarmtijd kan aanzienlijk beperkt worden door langere verwarmingstijden en lagere nachtverlaging (of helemaal geen nachtverlaging).
- Comfort wensen: Comfort is een belangrijk aspect dat in deze analyse niet is meegenomen. Lage temperatuur kan bijvoorbeeld zorgen voor koudeval bij de ramen wat discomfort kan opleveren. Hier moet wel rekening mee gehouden worden wanneer men besluit definitief over te stappen op lage temperatuur verwarming

De resultaten laten zien dat het aantal uur dat het te koud is gedurende de dag (in dit onderzoek wordt de aanname gedaan dat het minimaal 20 °C moet kunnen zijn gedurende de dag (van 08:00-22:00 uur) significant toeneemt als de hoge temperatuur verwarming aangepast wordt naar lage temperatuur verwarming. Ook laat het duidelijk het effect van het klimaat zien. In 2010 was het significant kouder dan in 2019. De resultaten laten dan ook duidelijk zien dat het aantal onderschrijdingsuren in 2010 hoger is dan in 2019. Dit laat zien dat voor het bepalen of een woning LT ready is de uitgangspunten wat betreft klimaat van belang zijn. Ook laten de resultaten zien dat de thermostaat instellingen van significant belang zijn. Bij het continu verwarmen op 20 of 22 °C wordt het aantal onderschrijvingsuren significant minder. Dit kan betekenen dat met langere verwarmingstijden eerder een LT-ready situatie gecreëerd kan worden dan wanneer uitgegaan wordt van de standaard thermostaat instellingen bij hoge temperatuur. Langere verwarmingsuren kunnen natuurlijk wel leiden tot hogere energiegebruiken, maar ze kunnen er ook voor zorgen dat de piekvraag lager wordt. Echter wanneer ingezet wordt op slimme thermostaat regelingen (dus bijvoorbeeld extra verwarmen op zeer koude dagen) zou met minimaal extra energiegebruik de gewenste binnentemperatuur behaald kunnen worden. Dit kan ervoor zorgen dat een woning minder ingrijpend gerenoveerd hoeft te worden en toch aangesloten kan worden op een lage temperatuur verwarmingssysteem dat potentieel meer gebruik kan maken van duurzame energiebronnen.

### 3.6 Deelrapport 6 Ontwikkeling LT Ready tool

Aan de hand van de LT-Ready tool kan voor een specifieke woning worden beoordeeld welke pakket renovatie maatregelen het best geschikt is om de woning LT-Ready te maken.

De LT-Ready tool bestaat uit drie onderdelen:

1. Overzicht met renovatiemaatregelen
2. Beslisbomen die gebruikt kunnen worden voor het bepalen welke renovatiemaatregelen überhaupt mogelijk zijn
3. Een Excel-model gebaseerd op een vereenvoudigde versie van ISSO51.

De achtergronden en de ontwikkeling van de LT-Ready tool worden beschreven en aan de hand van een aantal voorbeeld-woningen wordt de LT-Ready tool gedemonstreerd.



## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

In dit LT Ready-project zijn de mogelijkheden onderzocht in hoeverre het mogelijk is om bestaande woningen met zo min mogelijk ingrijpende renovatiemaatregelen op een **haalbare en betaalbare manier geschikt te maken voor een duurzaam verwarmingssysteem op lage temperatuur** (max 55 °C). Door beter inzicht te krijgen of een woning klaar is voor lage temperatuur verwarming en welke maatregelen eventueel nodig zijn om de woning geschikt te maken voor lage temperatuur verwarming kan de energietransitie versneld worden en kan sneller overgestapt worden op verwarmingssystemen met duurzame energiebron.

*Wat is er nodig om een woning LT-Ready te maken?*

Het veranderen van de aanvoertemperatuur in de woning van hoge naar lage temperaturen brengt met zich mee dat het vermogen van het afgiftesysteem verlaagd wordt. Het is evident dat er daarom extra geïsoleerd moet worden terwijl er tegelijkertijd ook voldoende geventileerd moet worden. In de praktijk blijkt echter dat er nog meer bij het LT-ready maken van woningen komt kijken. Wat zijn bijvoorbeeld de **comfort** verwachtingen van de bewoner? Heeft de bewoner net **nieuwe vloerafwerking** geplaatst dan is het wellicht van belang dat deze in tact gehouden kan worden bij de renovatiemaatregelen. Past de renovatie in de algehele **renovatiestrategie** van de corporatie? Vraagt de renovatie niet teveel **onderhoud**? Kan de woning gerenoveerd worden terwijl de **woning in gebruik** is?

In het onderzoek zijn een aantal **casestudy** woningen onderzocht. Deze casestudy woningen geven de indicatie dat het inderdaad mogelijk is bestaande woningen klaar te maken voor lage temperatuur verwarming met een beperkt aantal maatregelen. Ook laten de resultaten in verschillende gevallen zien dat het niet nodig is te voldoen aan de *Standaard waarden*<sup>7</sup> en alsnog geschikt te zijn voor lage temperatuur verwarming.

Hoewel de resultaten indicaties geven dat het in zijn algemeenheid mogelijk is woningen LT ready te maken met een beperkt aantal maatregelen, het vaststellen van het benodigde pakket maatregelen blijkt minder eenvoudig. Probleem is dat er **maatwerk** geleverd moet worden en daarvoor moet **gedetailleerde kennis** van de woning aanwezig zijn. Het juist verzamelen van de gedetailleerde kennis van de woning is vaak tijdrovend en vraagt daarnaast om de nodige expertise. Daarnaast zorgen onnauwkeurige metingen en verschil in gebruikersgedrag en het onjuist beantwoorden van vragen over het gebruikersgedrag er vaak voor dat er toch nog een groot verschil is tussen theoretisch en werkelijk energiegebruik wat er dan weer voor zorgt dat niet altijd het juiste advies wordt gegeven.

Je kunt de 'LT-readiness' van een woning (volgens onze definitie van LT-ready) dus niet ophangen aan een gemiddeld label of een gemiddelde isolatie waarden. Iedere woning is anders, ook als het een rij

---

<sup>7</sup> [https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven\\_regering/de-tail?did=2021D10454&id=2021Z04724](https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/de-tail?did=2021D10454&id=2021Z04724)

woningen uit hetzelfde bouwjaar is. Om te beoordelen welke maatregelen minimaal noodzakelijk zijn om een woning LT-ready te maken, is een uitgebreide inspectie per woning noodzakelijk.

Wel zouden we kunnen stellen dat de woning in ieder geval voorzien moet zijn van dubbel glas. Als de woning op de begane grond gepositioneerd is, moet de vloer ook geïsoleerd zijn. Bij een hoekwoning is het belangrijk om de kopgevel te isoleren. Het is ook belangrijk dat er altijd goed geventileerd wordt als de woning geïsoleerd is om zo vochtproblemen te voorkomen. Indien de ruimte onder het dak gebruikt wordt als verblijfsruimte is het ook belangrijk het dak te isoleren. Mocht de zoldervloer geïsoleerd worden dan moet erop gelet worden dat de leidingen van de CV ketel ook geïsoleerd worden.

### *Haalbaar en betaalbaar*

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat het **gemiddeld** genomen niet mogelijk is om bestaande woningen voor € 12000,- LT-ready te maken. Als alleen de woonkamer/woonverdieping LT-Ready wordt gemaakt is het vaker wel haalbaar om het binnen dit budget te realiseren, maar dan wordt geaccepteerd dat in de slaapkamers niet altijd de ontwerptemperatuur gehaald kan worden.

De verwachting dat door standaardisatie, schaalvergroting en innovatie de kosten drastisch beperkt kunnen worden moet getemperd worden.

De innovatieve oplossingen uit *De Isolatie Uitdaging* zijn op dit moment nog niet allemaal “haalbaar en betaalbaar”. Wegens de budget beperking is het daarom niet altijd mogelijk alle maatregelen toe te passen. Daarom moet bij het kiezen van de meest effectieve maatregel(en) ook naar de toekomst gekeken worden. Het zou bijvoorbeeld kunnen dat met het oog op de toekomst het kosten effectiever is om nog even te wachten met een bepaalde renovatie maatregel en het direct optimaal uit te voeren in plaats van een maatregel nu niet optimaal toe te passen maar waardoor er later wel minder kosten-effectief is om verder te verduurzamen.

Om woningen op een kosteneffectieve manier LT-ready te maken, moet er tegelijkertijd naar verschillende invalshoeken worden gekeken:

- De meest effectieve maatregelen voor de specifieke situatie
- Voorkeuren van de woningeigenaar
- De veiligheidsfactoren in de rekenmethode voor de benodigde verwarmingscapaciteit
- De acceptatie van discomfort of extra (elektrisch) energiegebruik onder extreme weercondities (extreem koude periode zijn vanwege de klimaatverandering in de toekomst minder vaak te verwachten, dat biedt een opening om de eisen voor de benodigde verwarmingscapaciteit te verlichten.)

### *Corporatiewoningen versus particuliere woningen*

Een aantal van de casestudy woningen is in **eigendom** van woningcorporaties en een aantal in eigendom van particuliere woningeigenaren. Uit de gesprekken met de woningeigenaren komt een duidelijk verschil tussen deze twee typen eigenaren naar boven. Zo bleek dat (de deelnemende)

woningcorporaties de woning het liefst renoveren op basis van de **lange termijn renovatie strategieën**. Ze doelen op renovatiemaatregelen die effectief zijn bij zoveel mogelijk bewoners zodat ook voor de volgende huurders de woning energie-efficiënt zijn. Daarnaast willen ze de woningen zo robuust mogelijk houden met zo min mogelijk onderhoud. De particuliere woningeigenaren daarentegen kijken meer naar de **persoonlijke voorkeuren** (welke zeer divers zijn).

### *LT-Ready en comfort*

Daarnaast speelt de comfort beleving van de bewoner een belangrijke rol bij het bepalen van de LT-readiness van een woning. Lage temperatuur kan bijvoorbeeld zorgen voor koudeval bij de ramen wat discomfort kan opleveren. Hier moet wel rekening mee gehouden worden wanneer men besluit definitief over te stappen op lage temperatuur verwarming

De resultaten van het onderzoek laten ook duidelijk het zien dat de **thermostaat instellingen** van significant belang zijn. Bij het continu verwarmen op 20 of 22 °C wordt het aantal onderschrijvingsuren significant minder. Dit kan betekenen dat met langere verwarmingstijden eerder een LT-ready situatie gecreëerd kan worden dan wanneer uitgegaan wordt van de standaard thermostaat instellingen bij hoge temperatuur. Langere verwarmingsuren kunnen leiden tot hogere energiegebruiken, maar ze kunnen er ook voor zorgen dat de piekvraag lager wordt. Echter wanneer ingezet wordt op slimme thermostaat regelingen (dus bijvoorbeeld extra verwarmen op zeer koude dagen) zou met minimaal extra energiegebruik de gewenste binnentemperatuur behaald kunnen worden. Dit kan ervoor zorgen dat een woning minder ingrijpend gerenoveerd hoeft te worden en toch aangesloten kan worden op een lage temperatuur verwarmingssysteem.

### *LT-Ready tool*

Op basis van de resultaten van dit onderzoek en op basis van onze belangrijkste bevinding dat maatwerk advies noodzakelijk is, is een **'LT-ready tool'** ontwikkeld. Deze tool bestaat uit een overzicht van mogelijke maatregelen, een beslisbomen structuur waarmee bepaald kan worden welke maatregelen mogelijk zijn en een rekentool die gebaseerd is op een ISSO 51. Deze onderdelen samen kunnen gebruikt worden als 'handvat' om na te gaan of een woning LT-ready is en zo niet wat er minimaal nodig is om de woning 'LT-ready' te maken.

## 4.2 Discussie

Gedurende het onderzoek bleek dat het belangrijk is een duidelijke definitie van 'LT-ready' vast te stellen want dit kan het eindresultaat beïnvloeden. Dit onderzoek richtte zich niet op energiebesparing, maar op het bepalen wat er minimaal nodig is om een woning geschikt te maken voor lage temperatuur verwarming. Het zou kunnen dat het kosten effectiever is om soms een stap verder te gaan dan dit onderzoek zou aanbevelen omdat dat tot meer energiebesparing kan leiden en daardoor ook tot kortere terugverdientijden. Omdat onze LT-ready definitie rekening houdt met het geïnstalleerd vermogen van de radiatoren zouden twee identieke woningen met verschillende radiatoren een verschillende 'LT-ready indicatie' kunnen krijgen.



Ook belangrijk om te noemen is dat we in dit onderzoek ervan uitgegaan zijn dat de woning geen achterstallig onderhoud heeft. Belangrijk is dat wanneer overgegaan wordt op het verduurzamen van de woning eerst de huidige knelpunten/achterstallig onderhoud opgelost moeten worden. Denk bijvoorbeeld aan enkel glas, kapotte kozijnen, vochtproblemen.

Ook ventilatie blijkt een knelpunt bij het LT-Ready maken van bestaande woningen. De huidige ventilatievoorziening is veelal onvoldoende en zal verbeterd moeten worden. Als dit met natuurlijke toevoer gebeurt via ventilatieroosters aan de gevel (ventilatiesysteem C) zal dit tot een toename van tochtklachten leiden, zeker als dit gecombineerd wordt met verlaging van de temperatuur van het verwarmingssysteem. Daarom heeft een ventilatiesysteem met warmteterugwinning, zeker met het oog op LT-Ready, de voorkeur. Bij bestaande woningen is dit moeilijk bouwkundig te integreren. Er zijn wel producten en systemen ontwikkeld die hieraan tegemoet komen zoals

- Lokale balansventilatie via een gevelunit
- Compacte balansventilatieunits die in de keukenkast worden geïntegreerd, samen met de afzuigkap
- Ventilatiesysteem waarbij de gangzone als toevoerkanaal wordt gebruikt (Brink Mixfan).

Omdat dit nieuw ontwikkelde producten zijn, zijn de kosten nog relatief hoog.

### 4.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Op basis van dit onderzoek concluderen wij dat er meer onderzoek gedaan moet worden naar:

- Comfort en lage versus hoge temperatuur verwarming
- Hoe kan de bewoner geactiveerd worden de thermostaat zo te gebruiken dat dit leidt tot een zo optimaal mogelijk comfort en energiegebruik (ook rekening houden met bijvoorbeeld verschil hoge versus lage thermische massa, verschil warmteafgifte systeem (radiatoren versus vloerverwarming)
- In dit onderzoek is gebruik gemaakt van case-studies. Een onderzoek op een grotere representatieve dataset zou kunnen helpen om betere vuistregels op te stellen
- Meer onderzoek is nodig naar financieringsmodellen voor renovaties van particuliere woningeigenaren
- Hoe de bewoner op de meest effectieve manier bij het proces betrokken kan worden
- De analyse van de simulaties heeft duidelijk laten zien dat er een groot verschil zit tussen verschillende klimaatjaren. Nader onderzocht zou moeten worden welk klimaatjaar een realistisch klimaatjaar is in de toekomst. Er zou een balans moeten zijn tussen temperatuurgarantie en over dimensionering. Ook zou een afweging gemaakt kunnen worden of een iets minder efficiënt verwarmingssysteem om de piekvraag te compenseren acceptabel is.
- Nieuwe renovatie technieken, maar ook nieuwe uitvoeringstechnieken zoals bijvoorbeeld het plaatsen van vloerisolatie middels robots of het opmeten van de woning middels 3D scan dat kan bijdragen aan een snellere plaatsing van isolatiemateriaal en minder inbreuk op het leef comfort van de bewoners.
- Er is vraag naar goedkope en slimme ventilatieoplossingen die niet teveel ruimte kosten.
- Ook is het belangrijk op zoek te gaan naar slimme manieren om vloeren te isoleren.