

Gasloos Wonen Goed Geregeld Openbare Samenvatting

TNO 2021 R12515



Datum	11 januari 2022
Auteur(s)	Leo G. Bakker (TNO) Ewout Gastelaars (BeNext) Gert Jongsma (DHPS) Jan Verdonk (Jaga) Robert van Breukelen (HU) Wilko Planje (HU) Joost van Duijn (HU)
Exemplaarnummer	DEI319004
Aantal pagina's	9 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever	TNO (penvoerder), Hogeschool Utrecht (HU), Stichting Happy Balance (SHB), Seinenergie, Jaga Konvektco BV, BeNext, Dutch Heatpump Solutions
Projectnaam	Gasloos Wonen Goed Geregeld (GWGG)
Looptijd project	01-06-2019 t/m 30-09-2021

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Ondertekening	9

Samenvatting

Nederland wil de gebouwde omgeving verduurzamen en van het aardgas afkoppelen. Hiervoor zijn bouwkundige en installatie-aanpassingen aan woongebouwen nodig. Het Happy Balance consortium biedt een renovatieconcept voor appartementencomplexen aan, gebaseerd op een upgrade van de gebouwschil en het vervangen van de CV installatie door een warmtepomp en LTV convectoren. Daarnaast zorgt een domoticasysteem voor optimalisatie van de werking van de gebouwinstallatie.

Het samenspel en daarmee de aansturing van deze installatie is complexer dan bij een conventionele installatie. Huidige regelsystemen sturen deelsystemen aan en zijn niet ontworpen voor het aansturen van het totale systeem met vaak als gevolg een lage energie-efficiency, discomfort, geluidsoverlast door pendelen van de warmtepomp, en onbegrip en ontevredenheid van gebruikers.

TNO beschikt over dynamische gebouw- en systeemmodellen en kennis over model based predictive control (MBPC) waarmee installaties optimaal aangestuurd kunnen worden.

Deze regeling is onder lab omstandigheden beproefd, maar nog niet in de praktijk getest.

De verwachting is dat toepassen van een MBPC kan leiden tot een passende propositie voor VvE's waarbij comfortverhoging en energiebesparing worden geboden tegen lage kosten.

Om dat na te gaan, is een pilot test uitgevoerd, waarbij de MBPC in een vijftal appartementen in combinatie met het Happy Balance concept is geïmplementeerd en gedurende een periode van ruim 6 maanden is getest.

De centrale onderzoeksvraag daarbij was:

Centrale onderzoeksvraag:

Kan de MBPC in de praktijk nuttig worden ingezet in combinatie met het Happy Balance concept?

Met als deelvragen:

- 1 Hoe kan de MBPC operationeel robuust worden ingezet?
- 2 Kunnen we energiekosten verlagen door de inzet van een MBPC?
- 3 Kunnen we het comfort verhogen door inzet van een MBPC?
- 4 Kan dit kosteneffectief ?
- 5 Wat kan er aan de MBPC nog worden verbeterd?
- 6 Welke stappen zijn na deze pilot nodig voor een brede uitrol van het Happy Balance concept met MBPC?

Conclusies

Op basis van het onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- 1- De MBPC heeft gedurende de pilot test vrijwel geen storingen opgeleverd en heeft zich dus operationeel robuust gedragen. Het gebruik van het BeNext platform, waarmee sensoren worden uitgelezen en setpoints kunnen worden ingesteld, was daarvoor een goede basis. Een goede fall-back regeling die in werking treedt als de internetverbinding wegvalt en foutdetectie met een actieve melding naar een beheerder en de gebruiker zijn belangrijke succesfactoren.

- 2- De inzet van een MBPC leidt op de volgende onderdelen tot een verlaging van de energiekosten.
- a. De basisregeling waarbij de systeemtemperatuur van de verwarming wordt ingesteld op basis van de warmtevraag per ruimte blijkt goed in staat de systeemtemperatuur zo laag mogelijk en daarmee het rendement van de warmtepomp zo hoog mogelijk te houden. De verwachte besparing op de energievraag voor ruimteverwarming is in de orde van 4%.
 - b. Het tijdelijk opslaan van warmte in het boiler vat (voor warm tapwater) op een moment waarop het rendement van de warmtepomp hoog is, kan verder leiden tot een verlaging van de energievraag voor warm tapwater in de orde van 1%.
Op energiekosten kan verder worden bespaard door overdag en 's nachts verschillende temperatuur setpoints van het boiler vat te gebruiken. De verwachte besparing op de warm tapwatervraag is in de orde van 1%. Toepassing hiervan moet met bewoners worden afgestemd.
 - c. Het niet meteen (volledig) opwarmen van het boiler vat na een douche geeft de MBPC meer vrijheid om het optimale opwarmmoment met het hoogste rendement van de warmtepomp te kiezen. Ook zijn de thermische verliezen van het boiler vat door de lagere temperatuur aanzienlijk lager. Deze besparing is mogelijk als we op basis van (langdurige) meetdata kunnen nagaan of de laatste douche op een dag is geweest. In het gunstigste geval kan hiermee ca. 20% worden bespaard op de energievraag voor warm tapwater.
 - d. De energieprijzen is onderdeel van de control-optimalisatie, waardoor de MBPC smart-grid ready is. De besparing op energiekosten hangt sterk af van de dagelijkse variatie in energieprijzen maar zou in de orde van 10% kunnen zijn. De MBPC kan ook rekening houden met een versoerde salderingsregeling. Voor dat laatste moeten wel interfaces worden toegevoegd.

De genoemde besparingspercentages zijn inschattingen en kunnen niet zondermeer bij elkaar worden opgeteld. Nachtverlaging is bijvoorbeeld al geïntegreerd in het niet volledig opwarmen van het boiler vat na de laatste douche. Verder hangt de besparing sterk af van het gebruikersgedrag zoals frequentie, moment en duur van douchen door de bewoners.

De besparingspotentie van de inzet van de MBPC kan met gedetailleerde simulaties worden bepaald waarbij het gebruikersgedrag wordt gevarieerd. De verwachting is dat een energiebesparingen van 5% tot 20% mogelijk is.

Naast de besparing op energie, zullen energiekosten verder worden verlaagd in geval van variabele energieprijzen, bijvoorbeeld bij een versoerde salderingsregeling.

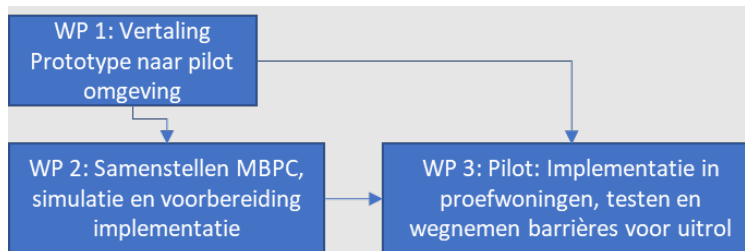
- 3- De inzet van een MBPC leidt op de volgende onderdelen tot een verhoging van het comfort.
- a. De MBPC voorkomt dat de systeemtemperatuur van de verwarming te laag wordt ingesteld waardoor vertrekken in de woning niet goed of niet snel genoeg worden opgewarmd.
 - b. De MBPC voorkomt dat tijdens het opwarmen van het boiler vat de ruimtetemperatuur te ver daalt zoals nu soms gebeurt, vooral tijdens een legionella cyclus.
- 4- Het huidige Happy Balance concept met MBPC is (nog) niet kosteneffectief onder meer omdat de huidige controller hardware (lokale controller, sensoren, actuatoren) te duur is, zie verder punt 6.

- 5- De MBPC kan op een aantal punten nog verder worden verbeterd, rekening houdend met gebruikersgedrag, zoals douchefrequentie en openen van ramen. Zo zou een zelflerende regeling het douchepatroon van bewoners kunnen herkennen, wat de MBPC meer ruimte geeft voor optimalisatie van het opwarmmoment van het boilervat.
- 6- Er is een aantal vervolgvactiteiten nodig om brede uitrol van het Happy Balance concept mogelijk te maken.
 - a. Samenstellen van een kosteneffectieve en toegesneden controller hardware waarbij de lokale MBPC zoveel mogelijk is geïntegreerd met sensoren en actuatoren.
 - b. Een goed alternatief vinden voor de draadloze thermostaatkranen die niet goed afsluiten en waarbij te vaak batterijen moeten worden verwisseld. Gedacht wordt om niet-batterij gevoede kleppen te plaatsen bij de verdelers die meestal per verdieping zijn geplaatst.
 - c. Implementatie van adequate foutdetectie die automatisch melding maakt van storingen en deze doorgeeft aan een onderhoudspartij en de bewoner.
 - d. Verlagen van de warmteverliezen van het boilervat, bv door toepassen van een vacuüm geïsoleerd vat, waardoor er meer mogelijkheden zijn om efficiënt tijdelijk energie op te slaan.
 - e. Integratie van aanstuurbare zonwering in de regeling, zodat deze optimaal kan worden ingezet. Hiermee wordt oververhitting en gebruik van ruimtekoeling verminderd, wat bij goed geïsoleerde gebouwen van steeds groter belang wordt.
 - f. Verbeteren van de interactie met gebruikers door een verbeterde gebruikersinterface die de gebruiker een beter overzicht geeft in de instellingen en prestatie indicatoren. De interface dient ook om het systeem gemakkelijker te kunnen instellen, bijvoorbeeld om het douchepatroon aan te geven. De MBPC kan daardoor energiekosten besparen (zie ook punten 2 en 5).
 - g. Integratie van een verbeterd model voor het boilervat en de warmtepomp. Binnen TNO wordt hieraan al gewerkt binnen verschillende projecten.
 - h. De mogelijkheid om de aansturing van vloerverwarming mee te nemen in de MBPC. Hieraan wordt al gewerkt binnen verschillende projecten binnen TNO.
 - i. De mogelijkheid om de aansturing van koeling met ventilatie mee te nemen in de MBPC.
 - j. De mogelijkheid om koeling met een warmtepomp of anders mee te nemen in de MBPC.

De verwachting is dat de MBPC met bovenstaande aanpassingen in combinatie met het Happy Balance concept of vergelijkbare concepten ook in andere typen woningen kan worden toegepast.

Werkzaamheden

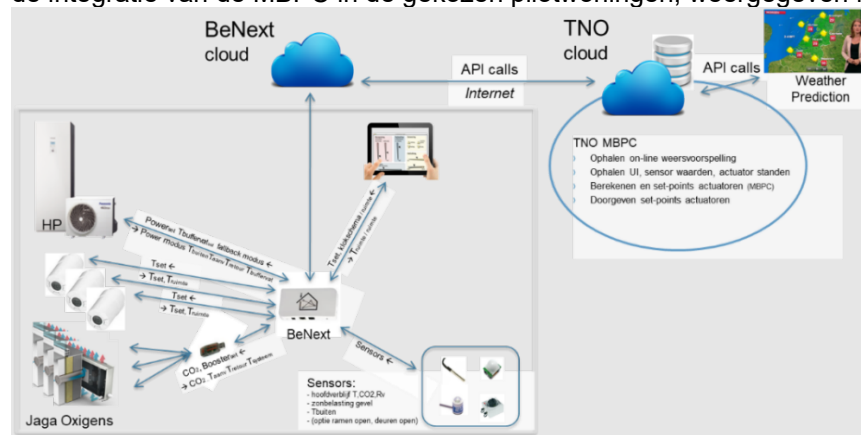
De werkzaamheden in het project zijn uitgevoerd door de partners TNO (penvoerder), Hogeschool Utrecht (HU), BeNext, Jaga en Dutch Heat Pump Systems (DHPS). De werkzaamheden zijn verdeeld over een drietal werkpakketten, weergegeven in Figuur 5.



Figuur 1: Schema van en relaties tussen de werkpakketten

WP1: Vertaling prototype naar pilot omgeving

In WP1 hebben de partners een aantal eisen aan de pilot locatie gedefinieerd. Bij het zoeken naar een geschikte pilotlocatie bleek het niet mogelijk te voldoen aan alle eisen, in het bijzonder aan de eis van aanstuurbare zonwering. Anderzijds bleek dat het betrekken van warmtapwaterbereiding in de MBPC tot relevante meerwaarde kon leiden. Daarom is in overleg met de partners een locatie gekozen zonder buitenzonwering maar mét warmtapwateropslag. Daarna is door BeNext, TNO en DHPS een systeemarchitectuur samengesteld voor de integratie van de MBPC in de gekozen pilotwoningen, weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Systeemarchitectuur voor de gekozen pilotlocatie

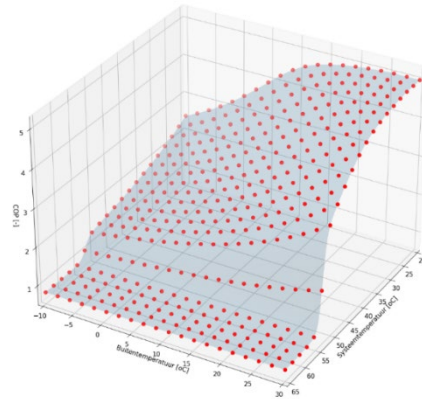
WP2: Samenstellen MBPC, simulatie en voorbereiding implementatie

In WP2 is een modelgebaseerde regeling samengesteld voor het aansturen van de installaties op basis van de eisen uit WP1, de pilotwoningen en de systeemarchitectuur. Daarbij is onder meer warmtapwaterbereiding aan een bestaande MBPC toegevoegd en is de MBPC met behulp van simulaties getest. Ter voorbereiding van implementatie van de MBPC in de pilot is een aantal stappen gezet, zoals het organiseren van een TNO Linux server platform en het plaatsen hierop van de MBPC en communicatie modules. Verder is, de Rest API communicatie tussen de BeNext cloud en TNO cloud uitgewerkt en is de online weersvoorspelling geïmplementeerd. Tenslotte zijn fall-back scenario's, voor als bijvoorbeeld internetverbindingen wegvalt gedefinieerd, uitgewerkt en geïmplementeerd.

Voor een goede werking van de MBPC zijn modellen van specifieke delen van de installatie nodig, die in een tijdshorizon van 24 of 48 uur de prestatie kunnen voorspellen. Van de volgende delen van de installatie zijn modellen gemaakt en gefit op gemeten data.

1. Boilervat i.v.m. warmteverliezen en afname warmtapwater.
2. COP (Coëfficiënt Of Performance) van de warmtepomp.
3. PV-panelen.

Als voorbeeld geeft Figuur 3 het resultaat van het model voor het voorspellen van de COP van de warmtepomp als functie van de buitentemperatuur en systeemtemperatuur.



Figuur 3: Praktische COP als functie van systeem- en buitentemperatuur

WP3 Pilot

De pilotwoningen bestaan uit vijf appartementen in een appartementencomplex in Leusden (wijk Hamershof), weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4: Foto van de pilotwoningen in Leusden

In WP3 zijn de pilotwoningen voorbereid op de pilot testen. In de appartementen zijn sensoren, warmtestroommeters en energiemeters aangebracht en getest. Ook zijn thermostaatkranen aangebracht en via Modbus gekoppeld aan de warmtepomp.

De MBPC is geïmplementeerd en gekoppeld aan de BeNext cloud. De MBPC inclusief de weersvoorspelling en gebruikersinterventies is vervolgens gedurende enkele weken getest en de MBPC is waar nodig aangepast. Uiteindelijk is het gehele systeem opgeleverd t.b.v. de pilot test.

Ondertekening

Delft, 11 januari 2022

TNO

Ir. A.C. Westerlaken
Research Manager

Ir. Ing. M. Steins
Projectleider