

Energiegedrag thuis onder de loep

Hoe kun je gedragsdeterminanten voor het regelen van energiegebruik en binnenklimaat meten?

Mensgericht ontwerpen gebeurt onvoldoende bij de ontwikkeling van binnenklimaatssystemen voor bijvoorbeeld het verwarmen en ventileren van woningen. Het gevolg is dat voorspelde systeemprestaties niet worden gehaald en bewoners ontevreden zijn over hun comfort in huis. Dit artikel beschrijft een methode die is ontwikkeld en getest om mensen een meer centrale plaats te geven bij het ontwerp van binnenklimaatssystemen. Met deze methode is een eerste verkenning gedaan van determinanten van gedrag die gerelateerd zijn aan het regelen van binnenklimaat en het energiegebruik in huis.

Marleen Spiekman, Nicole Koning en Olivier Blanson Henkemans

Er ligt een grote uitdaging om onze woningen te verduurzamen. Om de opwarming van de aarde te beperken hebben we in de klimaatwet (Rijksoverheid, 2019) met elkaar afgesproken dat we in Nederland de uitstoot van koolstofdioxide (CO₂) in 2030 met 49% en in 2050 met 95% terugdringen ten opzichte van 1990. Zoals weergegeven in afbeelding 1, levert het energiegebruik in woningen, als onderdeel van de gebouwde omgeving, een belangrijke bijdrage aan de CO₂-uitstoot in Nederland (PBL, 2019; CBS, 2018). In 2019 zijn in het klimaatakkoord daarom afspraken gemaakt om het energiegebruik en CO₂-uitstoot in woningen vergaand te reduceren. Met de verduurzamingslag in woningen wordt de klimatisering vaak ook complexer, niet alleen doordat er technisch complexere verwarmings- en ventilatiesystemen worden aangebracht, maar ook omdat het in zeer goed geïsoleerde en luchtdichte woningen complexer wordt voor de bewoner om een goed binnenklimaat te regelen. Zo worden deze woningen sneller te warm en is extra ventileren nodig omdat de kwaliteit van de binnenlucht kan afnemen mogelijk zonder dat de bewoner dat merkt. Er wordt veel geïnnoveerd in deze sector en dat is ook nodig om de klimaatdoelstellingen te halen. We zien echter dat bij de ontwikkeling van nieuwe klimaatsystemen voor de verwarming en ventilatie van woningen nog vrijwel uitsluitend wordt gedacht vanuit de technologie. Daarmee presteren deze systemen theoretisch erg goed, maar valt de prestatie in de praktijk regelmatig tegen (IPEEC, 2019).

Om de energieprestatie van woningen in de praktijk te verhogen en ook bewoners te helpen hun comfort en de binnenluchtkwaliteit in hun huis te verbeteren, is aandacht nodig voor de gebruiker bij het ontwerp van deze klimaatsystemen. Onderzoek naar de interactie tussen gebruikersgedrag en de energie- en comfortprestatie van woningen staat nog in de kinderschoenen. Veelal wordt dit type onderzoek gedaan vanuit één domein en vaak vanuit een technische blik. Zo is er al veel onderzoek gedaan naar de invloed van temperatuur, vochtigheid en weersomstandigheden (zoals zon, wind en regen) op het energiegebruik gerelateerde gedrag van mensen in hun huis (Balvedi et al., 2018): wanneer doen mensen



Afbeelding 1. Uitstoot koolstofdioxide (CO₂) naar sector in Nederland in 1990 en 2017.

Dossier: Energiezuinige en gezonde gebouwen

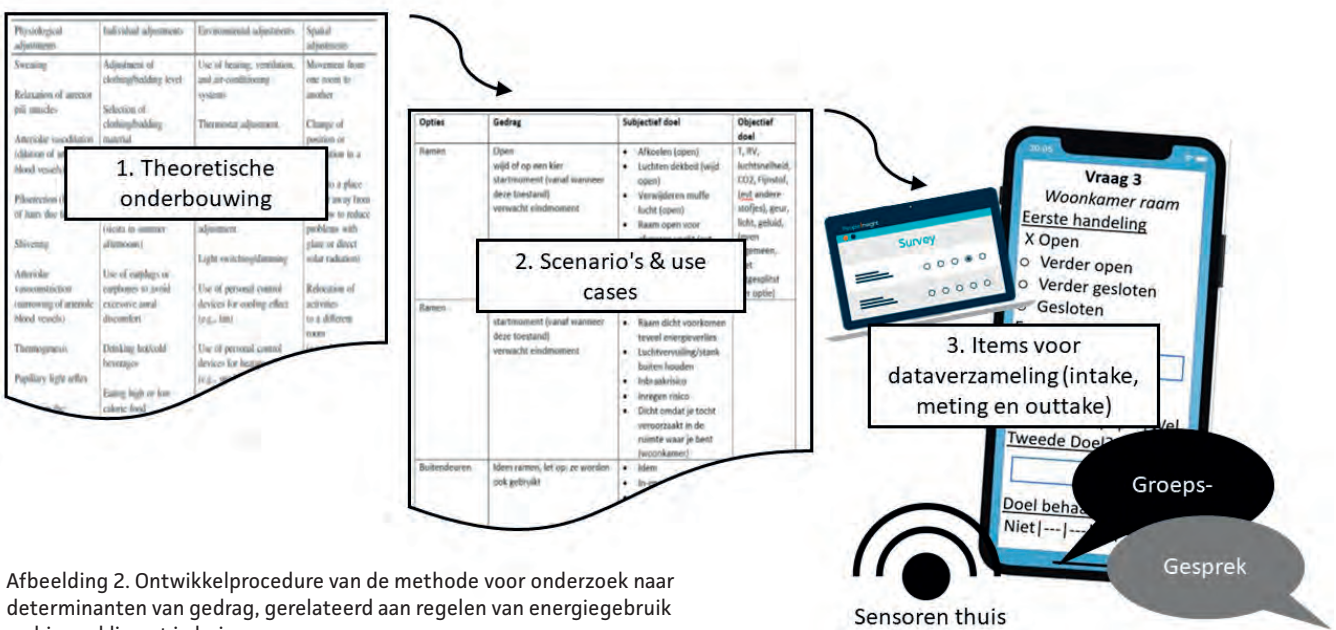
Tabel 1. Voorbeelden van determinanten van gedrag, gedragingen en uitkomsten, omtrent energiegebruik en regelen van binnenklimaat uit de theorie en literatuur.

Voorbeelden uit de theorie en literatuur	
1. Determinanten	
Persoonlijk	Attitude, voorkeuren, sociale norm, veiligheid
Extern	Temperatuur, luchtvochtigheid, CO ₂ , geluid, geuren (binnen/buiten)
2. Gedrag	
Setting en type	Bediening van het raam in de keuken, buitendeur, ventilatie in de badkamer
Frequentie	Dagelijks, wekelijks, seizoensgebonden, continu
3. Uitkomsten	
Objectieve doelen	Comfort, gezondheid, kosten
Subjectieve doelen	Verlagen/verhogen temperatuur, verlagen luchtvochtigheid en CO ₂
Tevredenheid	Mate van tevredenheid met het bereiken van het doel door eigen gedrag

hun ramen open, zetten ze de thermostaat open en sluiten ze de zonwering? Er is echter slechts beperkte literatuur die laat zien dat naast dergelijke binnen- en buitenklimaatvariabelen gedrag ook beïnvloed wordt door andere zaken, zoals gewoontes (Verbruggen et al., 2019) of de mate van isolatie en luchtdichtheid van de woning (Wolff et al., 2017).

Doel van ons onderzoek is de eindgebruiker een meer centrale plaats te geven bij het ontwerp van nieuwe klimaatsystemen. Om dit te bereiken is het van belang te weten wat mensen doen in hun huis en hoe hun gedrag het energiegebruik, comfort en de binnenluchtkwaliteit beïnvloedt. En misschien nog belangrijker: waarom vertonen mensen dit gedrag, hoe

maak je hen hier van bewust en breng je de gedragingen en determinanten in kaart? Gangbare methoden om naar gedragsdeterminanten te kijken beperken zich voornamelijk tot fysisch meetbare determinanten, zoals binnen- en buitentemperatuur, luchtvochtigheid, zonnestraling, wind en aanwezigheid (zie bijvoorbeeld: Balvedi et al., 2018). De onderzoeksvraag luidt daarom: Hoe kunnen we dit brede scala aan determinanten van gedrag bepalen, gerelateerd aan regelen van energiegebruik en binnenklimaat, van bewoners in hun huis? Om deze vraag te beantwoorden is een multidisciplinaire aanpak gehanteerd, inclusief methodeontwikkeling en dataverzameling, met expertises op de gebieden van de bouwfysica, sociale en gedragswetenschappen en human factors.



Afbeelding 2. Ontwikkelprocedure van de methode voor onderzoek naar determinanten van gedrag, gerelateerd aan regelen van energiegebruik en binnenklimaat in huis.

Tabel 2. Overzicht van onderzoeksmethode voor dataverzameling omtrent gedrag gerelateerd aan regelen van energiegebruik en binnenklimaat thuis.

	Activiteit	Instrument	Parameters
1. Intake	Gestructureerd interview (~1 uur)	Vragenlijst (digitaal), ingevuld door interviewer tijdens gesprek	Kenmerken huis, omgeving en klimaat in huis; Overzicht mogelijke gedragingen van invloed op regelen van energiegebruik en binnenklimaat
2. Meting	Observatie van 1) gedrag direct en indirect van invloed op regelen van energiegebruik en binnenklimaat en 2) binnenklimaat	1) HowAml-app, mEMA: korte vragenlijst, dagelijks op willekeurig moment aangeboden, binnen vooraf zelf ingestelde tijdsraam; 2) Sensor in woonkamer en slaapkamer voor meten binnenklimaat	1) Acties verricht afgelopen 4 uur, direct en/of indirect van invloed op regelen van energiegebruik en binnenklimaat ; 2) Binnenklimaat: luchtvochtigheid, luchtkwaliteit, temperatuur
3. Outtake	Groepsgesprek (~2,5 uur)	Reflectie op resultaten, volgens Self Determination, Theory; Evaluatie van onderzoeksmethodiek zelf	Verklaring van geobserveerd gedrag door deelnemers, obv competenties, autonomie en verbondenheid; Lessons learned onderzoeksmethodiek

Methodontwikkeling

Voor de ontwikkeling van de methode is, zoals weergegeven in afbeelding 2, ten eerste een review verricht van theorieën en literatuur over gedrag dat is gerelateerd aan het regelen van energiegebruik thuis. Zo is gekeken naar theorieën over en onderzoek naar gedrag en gedragsverklaring. Zowel gedrag in het algemeen (o.a. Theory of Self Determination, Theory of planned behaviour en Dual process model) en gedrag specifiek gericht op het regelen van binnenklimaat (Wolff et al., 2017; Balvedi et al., 2018; Verbruggen et al., 2019). Ook zijn verschillende experts op dit gebied geïnterviewd. Resultaten van de review en interviews hebben geleid tot de theoretische onderbouwing van de onderzoeksmethode. Kortgezegd betreft het een theoretisch kader met (1) determinanten van gedrag, inclusief persoonlijke en externe factoren; (2) het gedrag zelf; (3) (beoogde) gedragsuitkomsten en tevredenheid met de uitkomsten. Zie tabel 1 voor voorbeelden van determinanten, gedragingen en uitkomsten, omtrent energiegebruik en regelen van binnenklimaat uit de theorie en literatuur.

Ten tweede is het theoretische kader vertaald naar praktische scenario's en use cases voor het regelen van energiegebruik en binnenklimaat in huis (item 2 in afbeelding 2). Inclusief context (o.a. woonkamer, slaapkamer), instrumenten (o.a. raam, ventilator), handelingen (o.a. open/dicht, uit aan), (beoogde) uitkomsten (o.a. frisse lucht, veiligheid) en mate van tevredenheid (helemaal niet t/m helemaal wel). Dit vormen de items die tijdens het onderzoek zijn gemeten. Daarbij zijn gedragingen uit de theorie

vertaald na concrete handelingen die men binnen kan doen in huis per aanwezig instrument.

Ten derde zijn verschillende conventionele en innovatieve onderzoeksinstrumenten geïnventariseerd waarmee deze context, instrumenten, handelingen, (beoogde) uitkomsten en mate van tevredenheid bij het regelen van energiegebruik en binnenklimaat konden worden gemeten. Onder andere interviews, vragenlijsten, groepsgesprekken, sensoren en apps. De keuze van de instrumenten en wijze van toepassing van deze instrumenten is gebaseerd op meerdere eisen. De primaire eisen waren (a) dat het gedrag gerelateerd aan het regelen van energiegebruik en binnenklimaat bij de doelgroep over een langere periode kon worden gemeten binnen de context; (b) dat dit gedrag met hen samen in kaart kon worden gebracht en verklaard. Bovenal diende determinanten van gedrag binnen de context te kunnen worden achterhaald. Secundaire eisen waren: (a) dat deelnemers zich met behulp van de instrumenten zich meer bewust worden van hun gedrag omtrent het regelen van energiegebruik en binnenklimaat om hier vervolgens op te kunnen reflecteren met de onderzoekers; (b) dat de instrumenten van de methodiek eenvoudig en aantrekkelijk te gebruiken zijn door de doelgroep. Zoals weergegeven in tabel 2 is op basis van deze eisen gekozen voor een onderzoeksmethodiek met drie manieren van dataverzameling: (1) intake via gestructureerde interview; (2) meting via sensoren en een mobiele toepassing voor Ecological Momentary Assessment (mEMA), een methode met herhaalde meting van actueel gedrag en ervaringen in real-time met willekeurige tussenpozen (Bruening et al., 2016); (3) outtake via groepsgesprek.

Dossier: Energiezuinige en gezonde gebouwen

Tabel 3. Kenmerken deelnemers en hun huis (N=4).

Onderwerp	Kenmerk	Gegevens
Deelnemer	Geslacht	Vrouw: 4; Man: 0
	Leeftijd	Gemiddeld: 39 jaar; SD: 9,1
	Opleiding	WO: 3; HBO: 1
Huis	Type	Appartement: 2 Rijthuis: 1 Hoekhuis: 1
	Oppervlakte	Gemiddeld: 110 m ² ; SD: 41,1
	Koop/huur	Koophuis: 3 Huurhuis: 1
	Omgeving	Stad: 2 Dorp: 2
	Tevredenheid met binnenklimaat (1, laagst t/m 5, hoogst)	Gemiddeld: 3,5; SD: 1.0

Methodes

Deelnemers

Deelnemers waren mensen die affiniteit hadden met gezondheidsbevordering, maar zonder expertise op het gebied van binnenklimaat. Zij zijn geworven onder medewerkers van TNO van de Unit Gezond Leven. Van de tien aanmeldingen zijn vijf deelnemers geselecteerd, waarbij gestreefd is naar variatie in type en bouwjaar van hun huis, om te kunnen toetsen of de onderzoeksmethode voor verschillende huizen werkzaam was (tabel 3). De verwachting is dat variatie in persoonskenmerken zal leiden tot variatie in de wijze van regelen van energiegebruik en binnenklimaat. Echter, omdat het hier een pilot betreft met een kleine groep deelnemers, waarbinnen de invloed van deze variatie niet gemeten kan worden, is niet naar heterogeniteit binnen de onderzoeksgroep gestreefd. Verder zijn bewoners van collectieve woonvormen (bijvoorbeeld studentenhuis of woongemeenschap) geëxcludeerd, omdat in deze gevallen gedrag niet representatief is voor het gedrag van een huishouden in een woning. Bij aanvang gaven alle deelnemers 'informed consent'. Een deelnemer is tijdens het onderzoek uitgevallen vanwege privéomstandigheden.

Procedure

De procedure is gebaseerd op de onderzoeksmethode zoals hierboven beschreven. Deelname liep van eind september tot eind oktober 2019. Zoals weergegeven in tabel 1 zijn de deelnemers eerst geïnterviewd over hun huis en hoe zij over het algemeen het binnenklimaat regelen. Ook kregen zij een instructie voor het gebruik van de TNO HowAml-app en installatie van de sensoren in huis. Vervolgens is via de TNO HowAml-app over een periode van vier weken gemeten wat zij dagelijks deden om hun binnenklimaat te regelen. Na vier weken is een groepsgesprek gehouden over wat nu bepaalt hoe de

deelnemers hun binnenklimaat regelen. De onderzoekers vroegen de deelnemers naar hun ervaringen tijdens de pilot, waarbij gekozen is voor de Theory of Self Determination als raamwerk (Deci et al., 1994). Hiervoor is gekozen omdat we het meest geïnteresseerd waren in de motivatie van de deelnemers voor hun gedrag gericht op het regelen van binnenklimaat. Voor elk van de elementen zijn vragen geformuleerd, gebaseerd op de Intrinsieke Motivatie Inventarisatie (IMI). Voor de elementen 'competentie' en 'verwantschap' werd de deelnemers eerst gevraagd een werkblad in te vullen, die vervolgens samen werden besproken. Dit maakte hen bewust van bepaalde gedragingen en voorkwam dat deelnemers werden beïnvloed door de ervaringen en meningen van de andere deelnemers. Descriptieve analyses (gemiddelde, SD) zijn verricht van de achtergrond en kenmerken van de deelnemers, van het gebruik van de mEMA en van de antwoorden op de vragen in de mEMA. De data van de mEAM en de sensors zijn samengevoegd en door de onderzoekers geobserveerd. Hierbij zijn handmatig momenten waarop data zijn vastgelegd via de mEMA gelegd naast de data van temperatuur, CO₂ en vocht over de tijd en gezocht naar patronen.

Resultaten

Gedrag omtrent regelen van energiegebruik en binnenklimaat

Deelnemers vulden gemiddeld 21,5 keer de mEMA vragenlijst in (70% van de dagen). Uit de resultaten van de mEMA bleek dat deelnemers het meest ramen, deuren (binnen en buiten) en mechanische ventilatie bedienden. In de woonkamer (met open keuken) en badkamer. Doel was in meeste gevallen om de temperatuur te regelen, vocht en geuren te verwijderen en om zuurstof binnen te laten en om geluid te weren. Deelnemers waren over het

algemeen tevreden met het behalen van hun gekozen subjectieve en objectieve binnenklimaatdoelen, zoals die binnen de onderzoeksmethode waren geformuleerd. Zij gaven dit, op een schaal van 1, minst, tot 5, meest, gemiddeld een score van 3,4 (SD= 0,3).

Binnenklimaat

Tijdens de observatie van de gecombineerde data van de sensors en mEMA konden geen patronen worden waargenomen. Hoofdzakelijk omdat er te weinig punten waren waarop deelnemers data via de mEMA hebben ingevuld en er opmerkelijkheden waren in de sensordata en de sensordata te weinig betrouwbaar was. De gegevens van de sensoren in woon- en slaapkamer zijn daarom alleen gebruikt om de ontwikkeling van CO₂, vocht en temperatuur in het huis (woonkamer en slaapkamer) te illustreren aan de doelgroep en met hen te bespreken. Illustraties betroffen anonieme fragmenten van gegevens om te laten zien hoe het zich ontwikkelde, per dag en over meerdere dagen.

Regelen energiegebruik en binnenklimaat

In dit onderzoek is het geobserveerde gedrag gerelateerd aan energie en binnenklimaat verklaard vanuit de drie determinanten van de Self Determination Theory.

Competentie – De deelnemers gaven aan dat ze niet precies weten hoe ze het binnenklimaat kunnen verbeteren. De acties die zij ondernemen om het binnenklimaat te relen zijn gericht op gezondheid en comfort. Deelnemers zijn zich wel bewust van hun energiegebruik en -kosten, maar het is niet de primaire drijfveer van hun gedrag. De deelnemers doen dingen omdat het 'goed voelt'. Ze ondernemen niet bewust acties, behalve als er sprake is van overlast. Bijvoorbeeld, door acties te ondernemen als er schimmels zijn of door de mechanische ventilatie aan te zetten bij het douchen. Deelnemers zijn zich er niet van bewust dat het binnenlaten van frisse lucht een doel is van de mechanische ventilatie. Zij gebruiken het om vocht en stank te verwijderen.

Autonomie – De deelnemers worden beperkt in hun autonomie door de andere mensen in hun huishouden (die de thermostaat hoger zetten), mensen in hun buurt (die roken of blowen waardoor mensen zich genoodzaakt voelen de ramen dicht te houden), andere objecten in de buurt (vliegtuigen die met lawaai overvliegen), het ontwerp van het huis (een energie efficiënt huis met veel ramen dat erg warm wordt) en het ontwerp van de bedieningspanelen (het bedieningspaneel van de ventilatie in de douche bevindt zich in een andere ruimte). De deelnemers ervaren soms 'conflicterende situaties'. Voorbeelden hiervan zijn: ik wil ventileren maar wil voorkomen dat de temperatuur omlaag gaat. Of: ik wil ramen openzetten om te ventileren maar doe dit niet vanwege het risico op inbraak. De deelnemers hebben een beperkt gevoel van controle. Alleen de temperatuur is iets wat ze kunnen controleren. De deelnemers zijn

tevreden over het bereiken van hun doelen (zie 'Gedrag omtrent regelen van energiegebruik en binnenklimaat'), maar dat betekent niet dat ze tevreden zijn over het binnenklimaat. Ook hier geven zij aan niet te weten of er betere resultaten behaald kunnen worden.

Verbondenheid – Deelnemers regelen het binnenklimaat vooral zoals zij zelf denken dat het beste is, omdat er niemand anders in hun omgeving is met relevante kennis en hen goed kan adviseren. Daarnaast hebben ouders, schoonouders, vrienden en partner enige invloed op hoe deelnemers het binnenklimaat regelen. Sommige deelnemers hebben gewoonten van hun ouders van vroeger overgenomen.

Lessons learned onderzoeksmethodiek

De multidisciplinaire aanpak is nieuw voor dit domein en heeft geresulteerd in een methodiek waarmee een breder scala aan determinanten van gedrag gerelateerd aan energie en binnenklimaat kon worden gevangen. Hetgeen voor zover bekend nog niet was gebeurd (zie Wolff et al., 2017; Balvedi et al., 2018; Verbruggen et al., 2019).

Deze focusverbreding wat betreft determinanten van gedrag heeft bovendien meerdere inzichten opgeleverd ten aanzien van de dataverzameling en -verwerking. We hebben gebruik gemaakt van commercieel verkrijgbare sensoren. Uit de resultaten van de dataverzameling bleek dat de data beperkingen kenden voor onderzoeksdoeleinden (o.a. onrealistische lage waarden, lage betrouwbaarheid). Ook maakte dit onderzoek weer inzichtelijk hoe snel je al heel veel data verzamelt, ook als je slechts een paar weken meet in enkele woningen. Wij hebben de data-analyse handmatig gedaan, maar dat zal bij en grotere steekproef niet mogelijk zijn. In dit geval is het raadzaam om te werken met automatische analyse, bijvoorbeeld een algoritme. Ook is het van belang te verkennen hoe data uit verschillende bronnen (bijvoorbeeld sensor en mEMA) efficiënt en zorgvuldig te combineren.

Ten slotte bleek dat de deelnemers het te belastend vonden om vier weken lang dagelijks de HowAml-app in te vullen voor de EMA. Het gevolg was dat zij op den duur de app gedachteloos of niet meer invulden. De deelnemers gaven aan dat in een periode van één maand het gedrag gerelateerd aan het regelen van energiegebruik en binnenklimaat hetzelfde blijft en daarom de meetperiode ingekort kan worden. Een voordeel van de EMA was dat de deelnemers tijdens het afsluitende groeps gesprek hun gedrag nog goed konden terug halen, waardoor we een goed gesprek konden voeren over hun gedrag en de achterliggende redenen.

Discussie en conclusies

Dit artikel bespreekt de ontwikkeling van een onderzoeksmethodiek waarmee een breder scala van gedragsdeterminanten dan momenteel gebruikelijk is kan worden verkregen, gerelateerd aan het regelen van energiegebruik en binnenklimaat. Zo is aandacht

Dossier: Energiezuinige en gezonde gebouwen

besteed aan de context (inclusief externe factoren), beschikbare middelen voor het reguleren van het binnenklimaat en persoonlijke determinanten (bewust en onbewust). De onderzoeksmethode dient nog verder te worden gevalideerd. De resultaten van de dataverzameling laten zien dat met deze methode inzicht kan worden verkregen in gedragsdeterminanten binnen een bepaalde situatie.

Het onderzoek heeft verder waardevolle inzichten gegeven over zowel de methode als het gedrag gerelateerd aan regelen van energiegebruik en binnenklimaat van bewoners in huis en onderliggende determinanten. De resultaten uit de meting werden gebruikt om gerichte vragen te stellen aan de deelnemers over hun gedrag tijdens de outtake. Door het gebruik van de EMA konden de deelnemers tijdens de outtake hun gedrag nog goed terughalen, waardoor we het gesprek konden voeren over hun gedrag en de achterliggende redenen. De resultaten van de methode laten zien dat deelnemers beperkte competentie ervaren. Zij gaven aan dat ze niet precies weten hoe ze het binnenklimaat kunnen verbeteren. De acties die zij ondernemen om het binnenklimaat te regelen zijn gericht op gezondheid en comfort. De deelnemers hebben een beperkt gevoel van controle (autonomie). Ze hebben het gevoel alleen de temperatuur te kunnen controleren. Deelnemers regelen het binnenklimaat vooral zoals zij zelf denken dat het beste is, omdat er niemand anders in hun omgeving is met relevante kennis en hen goed kan adviseren (verbondenheid). Bij het interpreteren van deze resultaten is het goed om in acht te nemen dat dit onderzoek enkele beperkingen kent. Ten eerste heeft een beperkt aantal deelnemers aan het onderzoek meegedaan. Ook was de groep deelnemers homogeen en niet representatief voor de gehele populatie huiseigenaren en huurders in Nederland. De deelnemers aan dit onderzoek zijn hoogopgeleid en gewend om ICT-toepassingen (zoals apps) te gebruiken. Zoals benoemd is de verwachting dat variatie in persoonskenmerken ook zal leiden tot variatie in het regelen van energiegebruik en binnenklimaat. Verder is er één keer vier weken gemeten, waardoor de invloed van seizoensverschillen niet is meegenomen in het onderzoek. We bevelen daarom aan om in een volgend onderzoek een grotere groep en meer diverse deelnemers te werven. Omdat de gedragsdeterminanten over de seizoenen kunnen verschillen, bevelen we ook aan de meetperiode enkele keren te herhalen gedurende een jaar, waarbij erop gelet wordt dat de meetperiode niet te lang is (minder dan vier weken).

Op basis van de onderzoekresultaten kunnen we concluderen dat ontwikkelde onderzoeksmethode mogelijk kan helpen gedrag van bewoners te verklaren gerelateerd aan het regelen van energiegebruik en binnenklimaat. Door gebruik te maken van deze methode kunnen motivaties van gedrag van de

eindgebruiker – en daarmee de eindgebruiker – een meer centrale plaats krijgen in het ontwerp van nieuwe klimaatsystemen. Dit kan ontwikkelaars van deze systemen helpen de prestatie van hun producten en tevredenheid van eindgebruikers te verhogen. En woningen verder te verduurzamen.

Referenties

- Balvedi, B.F., Ghisi, E. & Lamberts, R. (2018). A review of occupant behaviour in residential buildings. *Energy and Buildings*, 174, 495-505.
- Bruening, M., van Woerden, I., Todd, M., Brennhof, S., Laska, M.N., & Dunton, G. (2016). A Mobile Ecological Momentary Assessment Tool (devilSPARC) for Nutrition and Physical Activity Behaviors in College Students: A Validation Study. *Journal of Medical Internet Research*, 18(7), e209.
- CBS (2018). CO₂-uitstoot in 2017 gelijk aan die in 1990. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/37/co2-uitstoot-in-2017-gelijk-aan-die-in-1990>.
- Deci, E.L., Eghrari, H., Patrick, B.C., & Leone, D. (1994). Facilitating internalization: The self-determination theory perspective. *Journal of Personality*, 62, 119-142.
- IPEEC Building Energy Efficiency Taskgroup (2019), Building Energy Performance Gap Issues: An International Review: https://www.energy.gov.au/sites/default/files/the_building_energy_performance_gap-an_international_review-december_2019.pdf.
- PBL (2019), Klimaat en Energieverkenning 2019: <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-klimaat-en-energieverkenning-2019-3508.pdf>.
- Rijksoverheid (2019), Klimaatwet: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0042394/2020-01-01>.
- Verbruggen, S., Delghust, M., Laverge, J., & Janssens, A. (2019). Inclusion of window opening habits in a window model based on activity and occupancy patterns. E3S Web Conf. 111, 04058.
- Wolff, A., Weber, I., Gill, B., Schubert, J., & Schneider, M. (2017). Tackling the interplay of occupants' heating practices and building physics: Insights from a German mixed methods study. *Energy research & Social Science*, 32, 65-75.

Over de auteurs



Drs. ir. M.E. Spiekman
Senior Scientist & Program Manager
Energy Performance of Buildings
TNO



Drs. N.M. de Koning
Senior Consultant Behavioural Change -
Energy Transition Studies
TNO



Dr. O.A. Blanson Henkemans
Senior Scientist & Program Lead Digital
Innovations for Youth
TNO