# Persoonsverwarming als alternatief voor traditionele verwarming

Afbeelding met tekst, schermopname, fles, tekenfilm

Automatisch gegenereerde beschrijving

Vrije Universiteit

Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen

(Faculty of Behavioural and Movement Sciences)

Bachelor onderzoekproject

Auteur: *Finn Joël Günther*

Begeleider: prof. Dr. *Hein Daanen*

*Maand en jaar van inleveren: 2025-6*

# Samenvatting

Gezien de hoge gasprijs en het feit dat energiearmoede meerdere nadelige gevolgen kent, is het noodzakelijk om duurzame en praktische alternatieven te onderzoeken. Persoonsgerichte verwarming als maatregel zou een aanvulling kunnen zijn op de huidige maatregelen die de overheid treft ter bestrijding van energiearmoede. Dit heeft ertoe geleidt dat 42 deelnemers een warmtevest hebben ontvangen en in een natuurlijke setting zijn onderzocht. De uiteindelijk analyse is uitgevoerd op 17 deelnemers. Met deze opzet is er getracht antwoord te geven op de onderzoeksvraag: **‘Wat is het effect van persoonsverwarming op de hoogte van de thermostaat bij mensen die in potentiële, of in energiearmoede leven?’.** Er is gebleken dat de deelnemers, wanneer het warmtevest + batterij aanwezig was, de thermostaat 1,2°C lager zetten, ten opzichte van wanneer de batterij niet aanwezig was. Alhoewel dit verschil significant bleek te zijn, moest er wel een kanttekening bij geplaatst worden. Het aantal deelnemers dat het warmtevest zelf zonder batterij gedragen heeft in de tweede conditie is klein (N=6). Hierdoor kan de hypothese: **‘Persoonsverwarming leidt tot een verlaging van de thermostaat’** noch bevestigt of verworpen worden. Vervolgonderzoek met een strengere en strakkere experimentele controle wordt daarom aanbevolen om hier uitsluitsel over te geven.

Inhoudsopgave

[Persoonsverwarming als alternatief voor traditionele verwarming 1](#_Toc202541332)

[Samenvatting 2](#_Toc202541333)

[1 Introductie 5](#_Toc202541334)

[2 Methodologie 8](#_Toc202541335)

[2.1 Type onderzoek 8](#_Toc202541336)

[2.2 Deelnemers 8](#_Toc202541337)

[2.2.1 Werving deelnemers 8](#_Toc202541338)

[2.2.2 Uitval deelnemers 9](#_Toc202541339)

[2.3 Materialen 9](#_Toc202541340)

[2.3.1 Warmtevest 9](#_Toc202541341)

[2.3.2 Newton Thermal Manekin 9](#_Toc202541342)

[2.3.3 FLIR TG167 Thermal Imaging IR Thermometer 10](#_Toc202541343)

[2.3.4 Dagboekjes 10](#_Toc202541344)

[2.3.5 Vragenlijsten 10](#_Toc202541345)

[2.4 Onderzoeksprocedure 11](#_Toc202541346)

[2.4.1 Opzet & dataverzameling 11](#_Toc202541347)

[2.4.2 Tijdsduur 11](#_Toc202541348)

[2.4.3 Buitentemperatuur 11](#_Toc202541349)

[2.4.4 Berekenen Clo-waarde 11](#_Toc202541350)

[2.5 De methode van data-analyse 12](#_Toc202541351)

[2.5.1 Gebruikte statistiek 12](#_Toc202541352)

[3 Resultaten 13](#_Toc202541353)

[3.1 Thermostaatinstelling 13](#_Toc202541354)

[3.1.1 Vergelijking thermostaatinstelling tussen conditie1 & 2 van alle deelnemers 13](#_Toc202541355)

[3.1.2 Vergelijking thermostaatinstelling tussen conditie 1 & 2 van de deelnemers die het warmtevest in conditie 2 zonder batterij gedragen hebben 13](#_Toc202541356)

[3.2 Invloed buitentemperatuur 13](#_Toc202541357)

[3.3 Warmteperceptie, kou-gerelateerde klachten en comfort 14](#_Toc202541358)

[3.3.1 Warmtegevoel 14](#_Toc202541359)

[3.3.2 *K*ou gerelateerde klachten 14](#_Toc202541360)

[3.3.3 Comfort tijdens dragen warmtevest 15](#_Toc202541361)

[3.4 Clo-waardes 16](#_Toc202541362)

[4 Discussiesectie 17](#_Toc202541363)

[4.1 Doel onderzoek en hypothese 17](#_Toc202541364)

[4.2 Belangrijkste bevindingen 17](#_Toc202541365)

[4.2.1 Geen effect van buitentemperatuur 17](#_Toc202541366)

[4.2.2 Thermostaat gemiddeld 1,2°C lager tijdens conditie 1 17](#_Toc202541367)

[4.2.3 Subgroep analyse: verschil van 1,2°C tussen condities verdwijnt 17](#_Toc202541368)

[4.2.4 Indrukken open vragen positief 17](#_Toc202541369)

[4.2.5 Warmte vermogen door batterij heeft weinig tot geen isolerende werking 18](#_Toc202541370)

[4.3 De hypothese 19](#_Toc202541371)

[4.4 Implicaties 19](#_Toc202541372)

[4.5 Beperkingen 20](#_Toc202541373)

[4.6 Vervolgonderzoek 21](#_Toc202541374)

[5 Literatuurlijst 23](#_Toc202541375)

[6 Bijlagen 26](#_Toc202541376)

[6.1 Bijlage 1: Afbeelding warmtecamera 26](#_Toc202541377)

[6.2 Bijlage 2: Dagboek 26](#_Toc202541378)

[Bijlage 3: Volledige interview 27](#_Toc202541379)

[6.3 Bijlage 4: Warmteafgifte vest in Watt 31](#_Toc202541380)

[6.4 Bijlage 5: Temperatuurverschil van 1,4115°C resulteert in 1m3 31](#_Toc202541381)

[6.5 Bijlage 6: Berekende Clo-waardes 32](#_Toc202541382)

# Introductie

Alhoewel de absolute piek van de gasprijs achter ons ligt, bevindt de gasprijs zich nog steeds op een hoog niveau. In het onderzoek van Mulder et al. (2025) wordt een schatting gemaakt van het aantal huishoudens dat in 2025 het risico lopen om in energiearmoede te leven. Hierbij wordt energiearmoede gedefinieerd als het hebben van een laag inkomen in combinatie met het hebben van een hoge energierekening. Het onderzoek stelt dat dit aantal huishoudens tussen de 550.000 en 640.000 ligt. De stijging van energiearmoede kan op zichzelf al als een kwalijke ontwikkeling worden beschouwd, maar er zijn nog meer negatieve gevolgen die hieraan kleven. Recent onderzoeken van Jessel et al. (2019), Lacroix & Chaton (2015) en Liddel & Guiney (2015) tonen aan dat getroffenen van energiearmoede vaker last hebben van fysieke en mentale gezondheidsklachten. Deze ontwikkelingen benadrukken de noodzaak om praktische en duurzame alternatieven van traditionele verwarming te onderzoeken.

Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met actienetwerk Gas Terug, een netwerk wat in eerste instantie is opgezet na de inval van Rusland in Oekraïne. Het doel hiervan was minder afhankelijk te zijn van Russisch gas en de daarbij horende hoge energieprijzen. Het netwerk heeft als huidige missie energiebesparing mogelijk te maken door middel van praktische en duurzame alternatieven.

Huidige maatregelen vanuit de overheid ter bestrijding van energiearmoede focussen zich met name op financiële ondersteuning zoals energietoeslagen en prijsplafonds (Batenburg et al., 2024). Ook is er aandacht voor structurele maatregelen zoals woningrenovaties. Deze maatregelen hebben als doel het verminderen van energiearmoede en kunnen volgens Van der Wal et al. (2023) effectief zijn.   
Echter kunnen er ook nadelen aan al deze maatregelen kleven. Het nadeel van financiële ondersteuning is dat het een tijdelijke oplossing van een probleem is. Als de extra financiële steun wegvalt, komen huishoudens namelijk wederom in financiële nood. Het nadeel van structurele oplossingen kunnen de hoge kosten zijn van structurele aanpassingen. Deze zijn problematisch bij de groep die al kampt met problematiek rondom energiearmoede.

Het gebruik van persoonsgerichte verwarming, zoals een vest met verwarmingselement, zou als maatregel een aanvulling kunnen zijn. Het is een praktische en snel inzetbare maatregel die mensen de mogelijkheid geeft om lokaal warmte te ervaren, zonder dat de volledige woning verwarmd hoeft te worden. Dit kan niet alleen het thermische comfort berekenen, maar ook het energieverbruik beperken. Het verwarmen van een persoon kan namelijk een besparingspotentieel opleveren ten opzichte van het verwarmen van een gehele ruimte (Van Loy et al., 2021).

De review van Wang et al. (2010) biedt een overzicht van technieken die gebruikt kunnen worden om persoonsgerichte verwarming mogelijk te maken. Voorbeelden hiervan zijn elektrisch verwarmede kleding, faseovergangsmaterialen, chemische verwarmingskleding, vloeistof/luchtstroom verwarmingskleding en traditionele isolerende kleding. Volgens Wang et al (2010) is uit dit rijtje, elektrisch verwarmde kleding de meest belovende techniek. Bij deze techniek wordt door middel van één of meerdere elektrische verwarmingsdraden, die op voeding zijn aangesloten en als spiralen door warmtegeleiders in de kleding lopen, warmte afgegeven.

Om het nut van deze technologie te begrijpen, is het belangrijk om te weten hoe het menselijk lichaam van nature reageert op koude omstandigheden en zijn temperatuur reguleert. De hypothalamus in het brein fungeert als thermostaat. Deze ontvangt zijn informatie uit centrale en perifere receptoren en reguleert door schommelingen in lichaamstemperatuur de uiteindelijke lichaamstemperatuur door middel van autonome fysiologische reacties (Osilla et al., 2023).

Naast autonome fysiologische reacties speelt bewust gedrag ook een rol in de thermoregulatie. Voorbeelden hiervan zijn het aanpassen van de lichaamshouding en het opzoeken van een warmere omgeving (Tan & Knight, 2018). De thermostaat (hypothalamus) van de mens kan dus beïnvloed worden door gedragsmatige keuzes die gemaakt worden. Het hoger zetten van de thermostaat is een voorbeeld van zo’n gedragsmatige keuze. Hierdoor wordt de omgevingstemperatuur hoger waardoor de kerntemperatuur ook stijgt (Kakitsuba & White, 2013).

Burton en Edholm (1955) toonden al aan dat het toedienen van warmte aan de torso effectiever is dan het toedienen van warmte aan distale lichaamsdelen. Deze bevinding wordt via verschillende fronten gesteund.   
Allereerst concludeert het experimentele onderzoek van Daanen & Van de Linde (1992) dat het verhogen van de rectale temperatuur na accidentele hypothermie, door uitsluitend de romp te verwarmen, effectiever is dan het opwarmen van uitsluitend de extremiteiten.   
Ten tweede laat het thermo-fysiologische model van Kingma et al. (2017) zien dat als de romp meer warmte opslaat dan de armen of benen, men zich dan ook warmer voelt en vice versa. Thermisch comfort wordt volgens dit model dan ook beter voorspeld door warmteopslag in de romp dan warmteopslag in de extremiteiten. Reden hiervoor is dat de romp centraal staat in thermoregulatie, rijk is aan thermoreceptoren en warmteopslag daar direct samenhangt met fysiologische reacties die thermische sensatie beïnvloeden (Kingma et al., 2017).   
Ten derde bleek uit het experimenteel onderzoek van Brajkovic et al. (1968) dat het verwarmen van de romp, zelfs zonder de handen direct te verwarmen, leidde tot significant hogere vinger en teen temperaturen, verbeterde bloedstroming in de extremiteiten en een verhoogd thermisch comfort tijdens blootstelling aan extreme kou.

Voor zover bekend is, zijn er nog geen onderzoek verricht naar elektrische persoonsgerichte verwarming als mogelijke maatregel voor het verlagen van de hoogte van de thermostaat. Dit maakt het onderzoek uniek, omdat de maatregel direct gericht is op het verwarmen van de persoon zelf wat een benadering is die tot op heden niet is toegepast. Het onderzoek biedt een praktische en duurzame oplossing voor een actueel probleem gezien de recente ontwikkelingen betreft de energiearmoede.

Daarnaast zijn er tot op heden geen tot weinig schaalbare, betaalbare en duurzame maatregelen vanuit overheid tegen (potentiële) energiearmoede. Het doel is dan ook om door middel van een binnen-proefpersoon quasi experimenteel onderzoek duidelijk te krijgen wat de invloed is van persoonsgerichte verwarming op de hoogte van de thermostaat. Dit om zodoende een wetenschappelijk bijdrage te leveren aan de argumentatie om elektrische persoonsgerichte verwarming als maatregel tegen energiearmoede toe te passen. Hieruit volgt dan ook de volgende onderzoeksvraag: ‘Wat is het effect van persoonsverwarming op de hoogte van de thermostaat bij mensen die in potentiële, of in energiearmoede leven?’ met de bijbehorende hypothese: ‘Persoonsverwarming leidt tot een verlaging van de thermostaat’.

# Methodologie

## Type onderzoek

In eerste instantie is er overwogen om een cross-over onderzoek uit te voeren. Gezien de doelgroep, die uiteindelijk als deelnemers fungeerde, werd de kans klein geacht dat dit praktisch en logistiek gezien haalbaar zou zijn. Daarom is er uiteindelijk gekozen voor een within-subject design waarbij de deelnemers achtereenvolgend aan twee condities zijn blootgesteld. Hierbij is er gekozen voor een kwantitatieve onderzoeksmethode aangezien het doel van dit onderzoek is om het effect van een elektrisch warmtevest op het gebruik van de thermostaat statistisch te kunnen onderbouwen.

## Deelnemers

De deelnemers van dit onderzoek kwamen uit één- of tweepersoonshuishoudens in Amsterdam. Inclusiecriteria voor de deelnemers waren dat ze in een slecht geïsoleerd huis wonen of beperkte financiële mogelijkheden hebben. Er zijn verschillende redenen om deze inclusiecriteria te hanteren. Ten eerste is dit onderzoek uitgevoerd in samenwerking met Stichting Gas Terug, die heeft opgetreden als financier. Gas Terug was erop gebrand het onderzoek uit te voeren bij de groep mensen die kampt met problematiek omtrent energiearmoede. Ten tweede zal het mogelijke effect van persoonsgerichte verwarming bij deze doelgroep het meeste baat hebben, waardoor het dus logisch is om deze doelgroep ook als deelnemer te werven.

### Werving deelnemers

Via verschillende buurthuizen in Amsterdam is er contact gelegd met de doelgroep. Er zijn fysieke bijeenkomsten georganiseerd om deelnemers te werven, uitleg te geven over hoe het onderzoek zal verlopen en wat de verplichtingen zijn van de deelnemers. Uiteindelijk zijn er op deze manier 42 deelnemers verworven.

### Uitval deelnemers

*Afbeelding met tekst, diagram, Lettertype, Plan

Automatisch gegenereerde beschrijving*

*Figuur 1. Uitval deelnemers weergegeven in flowchart*

Ondanks de heldere opzet en duidelijke instructies naar de deelnemers toe zijn er van de 42 aanvankelijke deelnemers 25 uitvallers. De redenen hiervoor zijn verschillend: met acht deelnemers is het na het uitdelen van het warmtevest niet gelukt om het eerste interview af te nemen. Het is naar herhaaldelijke pogingen niet gelukt om met hen in contact te komen. Bij drie deelnemers is het na het eerste interview niet gelukt om het tweede interview af te nemen, wederom is het naar herhaaldelijke pogingen niet gelukt om met hen in contact te komen. Bij vier deelnemers is het dagboek gedurende de eerste en/of tweede conditie kwijtgeraakt. Bij tien deelnemers was de uiteindelijke data dusdanig incompleet dat wij deze niet hebben opgenomen in de analyse. De voornaamste reden hiervan was dat de deelnemers gedurende de tweede conditie het vest niet droegen en daardoor ook niet de thermostaat instelling bijhielden in het dagboek. Er resteerden 17 deelnemers, waarvan 1 man en 16 vrouw. De gemiddelde leeftijd bedroeg 69 (SD=7,7), het gemiddelde gewicht 73 kg (SD=14,2) en de lengte 164 cm (SD=9,2). Dit heeft ertoe geleidt dat de uiteindelijk gemiddelde BMI 27,1 (SD=6,1) bedroeg, wat als te hoog gezien wordt.

## Materialen

### Warmtevest

De Bertschat Verwarmde Bodywarmer(BERTSCHAT®️, z.d.) is in dit onderzoek gebruikt en onderzocht. Het warmtevest bevat drie standen, wit (laag), blauw (gemiddeld) en rood (hoog) en vijf warmtespiralen (zie bijlage 1). Afhankelijk van de stand waarop het vest gedragen wordt, bevat de totale batterij duur per 10.000mAh powerbank 3-8 uur.

### Newton Thermal Manekin

Om de invloed van het warmtevest op het thermisch evenwicht bij de mens te bepalen, is de Newton Thermal Manikin gebruikt (Thermetrics, 2025). Deze voldoet aan internationale normen zoals ASTM en ISO. De pop is onderverdeeld in 30 verschillende verwarmingszones en kan zodoende per zone en omgevingsconditie bepalen in welke mate de kledij, behorend tot de conditie, isoleert.

### FLIR TG167 Thermal Imaging IR Thermometer

Voor het lokaliseren van de warmte-spiralen op het vest is de FLIR TG167 Thermal Imaging IR Thermometer gebruikt. Dit apparaat kan zowel temperatuurwaarde als warmtebeelden vastleggen en kan temperatuurverschillen van maar liefst 0,15°C onderscheiden. Dit is ruim voldoende voor het lokaliseren van de warmte-spiralen.

### Dagboekjes

Gedurende het onderzoek vulden de deelnemers dagelijks een dagboek in waarin zij hun gebruik van het vest en thermostaatgebruik bijhielden. In dit dagboek moest een drietal vragen beantwoord worden (voorbeeld dagboek is te vinden in bijlage 2):

* Wanneer heeft u het vest aangehad vandaag?
* Hoe hoog staat de thermostaat op dit moment?
* Welke stand heeft u gebruikt?

De gebruikte dagboekjes zijn niet gevalideerd voor dit onderzoek. Hierdoor kan er niet vermeld worden dat de inhoudsvaliditeit hoog is. Het invullen van de dagboekjes was namelijk vrijblijvend en deelnemers mochten zelf bepalen hoe ze het vest gebruikten. Dit komt de uiteindelijke ecologische validiteit ten goede.

### Vragenlijsten

Naast de dagboekjes zijn er twee identieke vragenlijsten mondeling afgenomen: één na week 2 en één na afloop van week 4. Uit dit interview zijn in totaal drie vragen gehaald waarop een frequentieanalyse uitgevoerd is. Dit betrof de volgende vragen (volledige interview is te vinden in bijlage 3):

* Hoe comfortabel vindt u dat de bodywarmer zit?
* Hoe warm voelt u zich met de bodywarmer aan?
* Heeft u minder last van kou-gerelateerde klachten sinds u de bodywarmer gebruikt?

Voor de drie items uit de vragenlijst die gesteld zijn, werd getracht het thermisch comfort te meten. Om de interne consistentie van deze vragenlijst te toetsen, werd een betrouwbaarheidsanalyse uitgevoerd. Er bleek dat de Cronbach’s alpha 0,406 bedroeg, wat betekent dat de items niet hetzelfde construct meten. Hierdoor is ervoor gekozen om de vragen afzonderlijk te analyseren.

## Onderzoeksprocedure

### Opzet & dataverzameling

Van alle deelnemers wordt er in twee condities data verzameld. Het creëren van de tweede conditie na de eerste conditie was nodig om daadwerkelijk het effect van het verwarmingselement te onderzoeken.

* Conditie 1: vest aanwezig en batterij aanwezig.
* Conditie 2: vest aanwezig en batterij niet aanwezig.

Deelnemers zijn geïnstrueerd om dagelijks hun dagboek naar waarheid in te vullen. Het dagelijks dragen van het warmtevest was niet verplicht. Deelnemers konden zelf bepalen, wanneer, hoelang en op welke stand ze het warmtevest droegen.   
Na week 2 is bij elke deelnemer de vragenlijst mondeling afgenomen. Ook werd er op dit moment de batterijen ingenomen om ervoor te zorgen dat de deelnemers daadwerkelijk het verwarmingselement van het vest niet konden gebruiken.   
Na week 4 is wederom bij elke deelnemers de vragenlijst afgenomen en zijn de eerder ingenomen batterijen teruggegeven.

### Tijdsduur

Voor ieder deelnemer duurde het onderzoek 4 weken, 2 weken per conditie. Het uitdelen van de vesten is echter niet op exact dezelfde data gebeurd, wel in dezelfde week. Hierdoor namen de proefpersonen niet allemaal synchroon deelname aan het onderzoek. Door logistieke redenen is het niet altijd gelukt om bij elk proefpersoon na exact 2 weken langs te komen om het interview af te nemen en het dagboek op te halen. De uiteindelijke tijdspanne waarin het onderzoek zich heeft afgespeeld is tussen 6 januari en 14 februari 2025.

### Buitentemperatuur

De buitentemperatuur is verkregen aan de hand van daggegevens gepubliceerd door het KNMI (*KNMI - Daggegevens van het Weer in Nederland*, z.d.).

### Berekenen Clo-waarde

Om de invloed van het warmtevest op de mate van thermisch evenwicht bij de mens te bepalen, is in tien verschillende condities bepaald hoeveel warmte de Manikin in Watt moet genereren om de ingestelde huid temperatuur (39°C) te handhaven. De tien verschillende condities waar de Manikin aan blootgesteld is, luiden als volgt:

* Nude
* T-shirt aan
* T-shirt + vest zonder batterij
* T-shirt + vest zonder batterij + hoodie
* T-shirt + vest op stand wit
* T-shirt + vest op stand blauw
* T-shirt + vest op stand rood
* T-shirt + vest op stand wit + hoodie
* T-shirt + vest op stand blauw + hoodie
* T-shirt + vest op stand rood + hoodie

De uitkomstmaat P (thermisch vermogen in Watt) geeft aan hoeveel warmte er nodig is om thermisch evenwicht te bewaren. Aan de hand van P in Watt, de omgevingstemperatuur en de constante lichaamsoppervlakte in m² kan berekend worden hoe hoog de Clo-waarde is (zie bijlage 6 voor berekening Clo-waarde). Dit is een eenheid die aangeeft hoe goed kleding isoleert en dus warmte vasthoudt.

## De methode van [data-analyse](https://athenacheck.nl/kennisbank/onderzoek/onderzoeksmethoden/data-analyses/overzicht)

Voor de data-analyse zijn alle analoge dagboekjes en interviews van de proefpersonen verzameld. Vragen wat betreft energiebesparing uit het interview zijn gekwantificeerd. Aangezien de data uit de dagboekjes eerst analoog werd verzameld, is ervoor gekozen om deze in Excel te digitaliseren om zodoende de data-analyse in SPSS uit te voeren.

### Gebruikte statistiek

Een paired-sample t-test is gebruikt om een statistische vergelijking te maken tussen conditie 1 (vest aanwezig en batterij aanwezig) en conditie 2 (vest aanwezig en batterij niet aanwezig). Een repeated measures ANOVA met twee variabele is gebruikt om de invloed van de buitentemperatuur op de twee verschillende condities te bepalen.   
Om het gebruik van deze toetsen te rechtvaardigen zijn de gegevens getoetst op normaliteit. Hieruit is gebleken dat na visuele analyse en de Kolmogorov-Smirnov-Test de data niet significant afweek van een normale verdeling (D = ,116, P =<,001).   
Beschrijvende statistiek is gebruikt om de subjectieve ervaringen uit de vragenlijsten met betrekking tot het gebruik van het warmtevest vastleggen.

# Resultaten

## Thermostaatinstelling

### Vergelijking thermostaatinstelling tussen conditie1 & 2 van alle deelnemers

De gemiddelde thermostaat instelling gedurende de eerste conditie van alle deelnemers (N=17), waarbij de batterij aanwezig was (M = 18,2, SE = 2,2) lag significant lager dan tijdens de tweede conditie (M = 19,4, SE = 2,3). t (194) = 7,696 , p < ,01. Het gaat hier om een gemiddeld effect r = 0,483. Het verschil is dus 1.2°C.

### Vergelijking thermostaatinstelling tussen conditie 1 & 2 van de deelnemers die het warmtevest in conditie 2 zonder batterij gedragen hebben

Uit de dagboek gegevens van alle deelnemers (N=17) bleek dat slechts zes hiervan het warmtevest daadwerkelijk hebben gedragen in de conditie waar de batterij niet aanwezig was. De gemiddelde thermostaat instelling van deze specifieke subgroep (N=6), die daadwerkelijk het vest tijdens de eerste als de tweede conditie gedragen hebben, bedroeg gedurende de eerste conditie, waarbij de batterij aanwezig was (M = 19,63, SE = 1,51). Deze verschilde niet significant van de tweede conditie waarbij de batterij niet aanwezig was (M = 19,63, SE = 1,151). t(66) = 0,757, p>,05. Het gaat hierbij om een klein effect r = ,092.

## Invloed buitentemperatuur

Om te achterhalen of de buitentemperatuur van invloed is geweest op de hoogte van de thermostaatinstelling, is een repeated measures ANOVA uitgevoerd met thermostaat instelling als binnen-subject factor. Er waren twee mogelijke co variabelen, buiten temperatuur gedurende de eerste conditie en buiten temperatuur gedurende de tweede conditie. Zoals eerder aangetoond bij de paired-sample t-test bij alle deelnemers (N=17), toonde de analyse een significant verschil in thermostaatinstelling, *F*(1,192) = 8.15, *p* = .005. Echter is er geen significant interactie-effect gevonden tussen de thermostaatinstelling en de buitentemperatuur gedurende conditie 1, *F*(1,192) = 0.16, *p* = .689. Dit effect is ook niet gevonden tussen de thermostaatinstelling en de buitentemperatuur gedurende conditie 2, *F*(1,192) = 2.17, *p* = .143. Dit betekent dat de buitentemperatuur geen significante invloed heeft op de thermostaatinstelling.

## Warmteperceptie, kou-gerelateerde klachten en comfort

### Warmtegevoel

*(Figuur 1. Frequentie van antwoorden op de vraag: ‘Hoe warm voelt u zich met de bodywarmer aan?’)*

De evaluatie van de warmteperceptie is uitgevoerd volgens de richtlijnen van ISO 10551. Hierbij is gebruik gemaakt van een negenpuntsschaal voor subjectieve warmteperceptie van de deelnemers (N=17) die een oordeel gaven over de warmteperceptie tijdens het dragen van het warmtevest + batterij. Hierbij gaf 82,4% aan zich zeer warm te voelen (score 7 op een 9-puntsschaal), en 17,6% voelde zich voldoende warm (score 6).

### *K*ou gerelateerde klachten

*(Figuur 2. Frequentie van antwoorden op vraag: ‘Heeft u minder last gehad van kou-gerelateerde klachten?’ )*

Van de deelnemers (N=17) die een oordeel gaven over de ervaren kou-gerelateerde klachten tijdens het dragen van het warmtevest gaf 35,3% aan veel minder last te hebben (score 5 op een 5-puntsschaal), 35,5% een beetje minder last te hebben (score 4) en 29,4% hetzelfde als zonder warmtevest (score 3).

### Comfort tijdens dragen warmtevest

*(Figuur 3. Frequentie van antwoorden op vraag: ‘Hoe comfortabel vindt u dat de bodywarmer zit?’)*

Van de deelnemers (N=17) die een oordeel gaven over het draagcomfort van het warmtevest gaf 5,9% aan het vest dragen oncomfortabel te vinden (score 2 op een 5-puntsschaal), 23,5% gaf aan het vest dragen neutraal te vinden (score 3), 23,5% gaf aan het vest dragen comfortabel te vinden (score 4) en 52,9% gaf aan het vest zeer comfortabel te vinden (score 5).

## Clo-waardes

*(Figuur 4. De gemeten Clo-waarden per conditie)*

De gebruikte formule en de exacte Clo-waarden zijn te vinden in bijlage 6. De Clo-waarde geeft aan hoe goed kleding isoleert. Des te verder de Clo-waarden verwijderd is van het nulpunt, des te beter de isolatie van de kleding is.   
De berekende Clo-waarden zijn in dit onderzoek relatief laag. Een Clo-waarde voor bijvoorbeeld een t-shirt ligt in de praktijk vaak rond de 1,0 (Mccullough et al., 1984). Reden hiervoor is dat deze realistischere Clo-waarden worden gevonden bij een instelling van 34°C van de huidtemperatuur, terwijl in dit onderzoek de huidtemperatuur ingesteld is op 39°C.

# Discussiesectie

## Doel onderzoek en hypothese

Het doel van dit onderzoek was om de invloed van persoonsgerichte verwarming op de hoogte van de thermostaat te onderzoeken. De onderzoeksvraag die hieruit voortvloeide werd als volgt geformuleerd: ‘Wat is het effect van persoonsverwarming op de hoogte van de thermostaat bij mensen die in potentiële, of in energiearmoede leven?’, met bijbehorende hypothese: ‘Persoonsverwarming leidt tot een verlaging van de thermostaat’.

## Belangrijkste bevindingen

### Geen effect van buitentemperatuur

De buitentemperatuur kan van invloed zijn op de hoogte van de thermostaat. In de dataset is daarom per datum de buitentemperatuur opgenomen. Een repeated measures ANOVA liet zien dat de buitentemperatuur geen significante invloed had op de thermostaatinstelling tijdens zowel conditie 1 als 2. Dit wijst erop dat eventuele verschillen in thermostaatgebruik, tussen de twee verschillende condities waar de deelnemers aan onderheven zijn, niet verklaard kan worden door de temperatuurverschillen buiten. Dit is dus toe te schrijven aan factoren binnen het experiment.

### Thermostaat gemiddeld 1,2°C lager tijdens conditie 1

Het onderzoek laat zien dat de thermostaat bij alle geïncludeerde deelnemers (N=17) in de eerste conditie, waarin zowel het vest als de batterij aanwezig waren, de thermostaat gemiddeld 1,2°C lager stond dan in de tweede conditie, waarin alleen het vest aanwezig was. Het is echter belangrijk te vermelden dat gedurende de tweede conditie de meeste deelnemers het vest niet daadwerkelijk gedragen hebben. Hierdoor blijft het dus onduidelijk of het verschil van 1,2°C toe te schrijven is aan de batterij, het vest op zichzelf, een combinatie van beide of een placebo-effect.

### Subgroep analyse: verschil van 1,2°C tussen condities verdwijnt

Bij de deelnemers (N=6) die zowel het vest gedragen hebben in de eerste, als in de tweede conditie laat zien dat het verschil in de hoogtes van de thermostaat niet bestaat, er is zelfs sprake van een stijging van 0,05°C . Echter moet hier wederom een kanttekening bij geplaatst worden, het betreft een kleine subgroep (N=6) wat de betrouwbaarheid van deze conclusie beperkt.

### Indrukken open vragen positief

Met de open vragen uit de vragenlijst is er in eerste instantie voor ogen gehouden om het construct thermisch comfort te meten. Maar aangezien Cronbachs-Alpha 0,406 bedroeg, kunnen de afzonderlijke items uit de vragenlijst niet onder hetzelfde construct geanalyseerd worden om er een uitspraak over te doen. Wel laten de drie eerdere afzonderlijke uitspraken zien dat het erop lijkt dat:

1. Het warmtevest, wat betreft warmteperceptie, als warm ervaren wordt
2. Het warmtevest tot een vermindering van kou-gerelateerde klachten leidt
3. Het dragen van het warmtevest als comfortabel wordt gezien

### Warmte vermogen door batterij heeft weinig tot geen isolerende werking

(*Figuur 7. Verschillen Clo tussen conditie T-shirt+vest en T-shirt+vest+de drie standen van het vest, uitsnede van figuur 5)*

Wat opvallend is aan figuur 7, is dat de Clo-waarden weinig van elkaar verschillen. Het lijkt erop dat de batterij boven op het t-shirt en het vest, ongeacht de stand, weinig tot geen toegevoegde waarde heeft op de mate van isolatie.

(*Figuur 8. Verschillen Clo tussen conditie T-shirt+vest+hoodie en T-shirt+vest+de drie standen van het vest, uitsnede van figuur 5)*

Wat opvallend is aan figuur 8 is dat de Clo-waarden wederom weinig van elkaar verschillen. Het lijkt erop dat de batterij boven op het t-shirt, het vest en de hoodie, ongeacht de stand, weinig toegevoegde waarde heeft op de mate van isolatie.

(Figuur 9. Verschil in Clo-waarde tussen T-shirt+vest (zonder batterij) en t-shirt, uitsnede van figuur 5)

Uit figuur 9 blijkt dat, het warmtevest bovenop het t-shirt alleen, zorgt voor een verdubbeling van de Clo-waarde.

Het lijkt erop dat uit de uitgevoerde metingen op de thermische Manikin en de figuren 7, 8 en 9 is gebleken dat het warmtevest zelf een isolerende werking heeft. Het verwarmingselement, heeft ongeacht de stand of het dragen van een hoodie, weinig tot geen invloed heeft op de mate van isolatie.

## De hypothese

De bevindingen kunnen de hypothese ‘Persoonsverwarming leidt tot een verlaging van de thermostaat?’ niet eenduidig bevestigen of verwerpen. Hij kan niet bevestigd worden doordat er is gebleken dat deelnemers het vest zonder batterij amper tot niet gedragen hebben in de tweede conditie. Het blijft dus onduidelijk in hoeverre de eventuele verlaging van de thermostaat toe te schrijven is aan het verwarmingselement, het vest zelf of een combinatie hiervan. Anderzijds kan de hypothese ook niet verworpen worden doordat de subgroep (N=6) die het vest zonder de aanwezigheid van de batterij gedragen heeft te klein is om daaruit betrouwbare conclusies te trekken. Tot slot wijzen de bevindingen over de mate van isolatie wel in de richting van het verwerpen van de hypothese, aangezien het erop lijkt dat het verwarmingselement weinig tot geen invloed heeft op de totale mate van isolatie van het warmtevest. Deze laatste bevinding kan echter niet los worden gezien van de beperkte draagfrequentie en kleine subgroep (N=6). Waardoor de hypothese noch bevestig of verworpen kan worden, maar geven de resultaten wel richting voor vervolgonderzoek.

## Implicaties

Aangezien de hypothese niet in volledigheid bevestigt kan worden, moet er met voorzichtigheid gesproken worden over de verlaging van 1,2°C van de thermostaat. Het is mogelijk dat de verlaging van de thermostaat volledig verklaard wordt door de aanwezigheid van het verwarmingselement, waardoor het toch interessant is om deze verlaging in een breder context te plaatsen.

Een rapport van Kooger et al. (2019) concludeert dat elke 1,4°C verschil tussen binnen- en buitentemperatuur resulteert in 1m3 extra gasverbruik. Hieruit volgt dat als je de thermostaat 1°Clager zet, het gemiddeld gasverbruik 0,7m3 per dag daalt (zie bijlage 5 voor berekeningen). Neem aan dat het stookseizoen zes maanden duurt en de gemiddelde gasprijs €1,42 bedraagt (Milieu Centraal, z.d.), dan levert dit een jaarlijkse besparing van €181,40 op voor een gemiddeld geïsoleerd huis. Bij betere en slechtere geïsoleerde huizen is de besparing respectievelijk kleiner of groter. Wel moet hierbij vermeld worden dat deze berekeningen indicatief zijn. Er zijn namelijk verschillende factoren die invloed hebben op het realiseren van een besparing van €181,40. Zo is er bijvoorbeeld aangenomen dat de thermostaat gedurende een gehele dag lager is gezet, terwijl er in dit onderzoek niet vastgelegd is hoelang en frequent het vest gedragen is. Dit laatstgenoemde is echter wel essentieel voor de nauwkeurigheid van deze berekeningen.

Dat de berekeningen indicatief zijn betekent niet dat ze niks zeggend zijn. In theorie blijft de besparing van €181,40,- mogelijk. Aangezien de groep mensen waar deze maatregel voor bedoeld is hoogstwaarschijnlijk in slechter geïsoleerde huizen wonen, zal de energiebesparing die het hen in theorie zou kunnen opleveren waarschijnlijk groter dan €181,40,- zijn. Voor veel eenpersoonshuishoudens die in potentiële of in energiearmoede leven is dit op jaarbasis een aanzienlijk bedrag. Neem hierbij in acht dat het warmtevest direct inspeelt op de behoefte die bij mensen die in potentiële of in energiearmoede leven het grootst is. Naast de kwantitatieve data wat betreft de hoogte van de thermostaat is er ook kwalitatieve data verzameld. Alhoewel is gebleken dat deze data niet gezamenlijk het overkoepelende construct thermisch comfort gemeten heeft, lijkt het er wel op dat dragen van het warmtevest als positief wordt ervaren.

## Beperkingen

Alhoewel het onderzoek waardevolle inzichten biedt in de mogelijke impact van persoonsgerichte verwarming op thermostaat gebruik, zijn er een aantal beperkingen die in acht genomen moeten worden tijdens het interpreteren van de resultaten.

Ten eerste, is de uitval zeer groot geweest. Van de oorspronkelijke 42 deelnemers zijn er maar liefst 25 uitgevallen waardoor er slechts 17 overbleven die bruikbaar waren voor de uiteindelijke analyse. Bovendien bleek dat bij deze 17 deelnemers, in de tweede conditie, waarin het vest zonder batterij werd gedragen, het vest zelf amper gedragen werd. Hierdoor ontbreekt bij de meeste proefpersonen de daadwerkelijke blootstelling aan beide condities. Het aantal deelnemers dat daadwerkelijk beide condities correct doorlopen heeft, is slechts zes.

Ten tweede, was het gebruik van het vest vrijblijvend. Doordat er geen vaste draagduur of gebruiksfrequentie is gehanteerd, bestaat het risico dat verschillen in uitkomstvariabelen, zoals de thermostaatinstelling of ervaren warmtecomfort, mede verklaard wordt door individuele verschillen in hoe het warmtevest is toegepast. Een deelnemer die het warmtevest dagelijks en langdurig draagt zal mogelijk een andere ervaring en thermostaatgedrag vertonen dan iemand die het warmtevest slechts sporadisch draagt.

Ten derde heeft de kwalitatieve analyse uitgewezen dat de afzonderlijke items niet hetzelfde construct hebben gemeten. Daar komt ook nog eens bij kijken dat deze kwalitatieve data alleen in volledigheid verkregen is tijdens de eerste conditie. Hierdoor is het niet mogelijk om de afzonderlijke items in de twee verschillende condities systematisch met elkaar te vergelijken.

Tot slot moet vermeld worden dat de Clo-waarden berekend zijn aan de hand van de bedekte segmenten (torso). Er is namelijk gebleken dat, tijdens de uitgevoerde metingen op de Newton Thermal Manikin, de omgevingstemperatuur invloed heeft gehad op de meetresultaten. De Manikin heeft namelijk gedurende de metingen geleidelijk de klimaatkamer opgewarmd wat een verstorend effect lijkt te hebben op het gemiddelde warmteverlies over alle segmenten.

## Vervolgonderzoek

Allereerst verdient het de aanbeveling om in vervolgonderzoek te kiezen voor een strakkere experimentele controle. Dit kan gedaan worden door de draagmomenten en de standen van het vest van tevoren vast te leggen in beide condities, waarbij zowel draagmomenten als stand van het vest nauwkeurig geregistreerd wordt. Om de controle hierop te realiseren zou het wenselijk zijn om IButtons in de vesten te plaatsen. Dit zijn kleine temperatuur sensoren die op een gewenste frequentie de temperatuur meet en zodoende draagmomenten en duur kan vastleggen en temperatuur kan meten. Een voorbeeld van hoe dit eruit zal kunnen zien is te zien in figuur 6. Een deelnemer heeft gedurende een week het warmtevest gedragen waardoor het gebruikspatroon en gebruikte standen waarneembaar is.

Afbeelding met tekst, Lettertype, lijn, Perceel

Automatisch gegenereerde beschrijving *(Figuur 5.De gemeten temperatuur door middel van één IButton tussen het warmtevest en persoon: )*

Ten tweede zou het wenselijk zijn om bij deelnemers slimme thermostaten te installeren. Hierdoor ontstaat er een nog strakkere controle aangezien er met behulp van deze thermostaat historische gegevens van de thermostaat instellingen bekeken kunnen worden. Er ontstaat geen afhankelijkheid van de deelnemer voor het invullen van het dagboek. Een ander bijkomend voordeel is dat berekeningen wat betreft energiebesparingen robuuster worden, omdat er exact gezien kan worden gedurende welk tijdsinterval de thermostaat lager is gezet.

Ten derde is het ook wenselijk om met een andere steekproef te werken dan waarmee er in dit onderzoek gewerkt is. Deelnemers waren voornamelijk ouderen van lagere sociale klasse. Hun motief voor deelname was hoogstwaarschijnlijk niet zozeer een bijdrage leveren aan het onderzoek, maar vooral een bijdrage leveren aan hun individuele warmteproblematiek. Dit resulteerde in een terugkerend probleem. Het was namelijk lastig om afspraken te maken met de deelnemers waardoor het inplannen van praktische zaken, zoals de interviews, moeizaam verliep. Dit was niet alleen organisatorisch onhandig, maar heeft hoogstwaarschijnlijk ook invloed gehad op het feit dat weinig deelnemers daadwerkelijk beide condities doorlopen hebben. Vervolgonderzoek zal deelnemers zorgvuldiger moeten kiezen, zodanig dat de kans op een trouwe deelnemers groter is. Hierdoor zal een cross-over design in het onderzoek ook haalbaarder en beter uitvoerbaar zijn, wat de uiteindelijke statistische kracht in vervolgonderzoeken vergroot.

Tot slot, zouden de metingen met de Thermal Manikin verricht moeten worden in een klimaat neutrale kamer. Dit zorgt ervoor dat er minimale luchtstromen optreden en de omgevingstemperatuur constant gehouden wordt. Hierdoor worden stabiele meetomstandigheden gewaarborgd en zijn resultaten nauwkeuriger.

# Literatuurlijst

Batenburg, A., Hopman, B., Wijlhuizen, E., & Dalla Longa, F. (2024). *Energiearmoede in Nederland 2019-2023*. TNO. <https://www.tno.nl/nl/newsroom/2024/07/compensatie-energiebesparing/>

BERTSCHAT®️. (z.d.). *Heated Body Warmer - PRO | incl. Powerbank USB*. <https://www.bertschat.eu/products/heated-> bodywarmerpro?variant=40927372837030

Brajkovic, D., Ducharme, M. B., & Frim, J. (1998). Influence of localized auxiliary heating on hand comfort during cold exposure. *Journal of Applied Physiology, 85*(6), 2054–2065. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.6.2054>

Burton, A.C., Edholm, O.G.(1955).MAN IN A COLD ENVIRONMENT*. Journal Of Experimental Physiology And Cognate Medical Sciences, 40(4), 387–388. https://doi.org/10.1113/expphysiol.1955.sp001139*

FLIR TG167. (z.d.). flir.com. <https://www.flir.com/support/products/tg167/#Overview>

FNIRSI. (z.d.). FNIRSI FNB58 USB Fast Charge tester.https://www.fnirsi.com/products/fnb58?srsltid=AfmBOopgvwBIJC7UfmTRf GWbbRjgqgSSbjZiuylXQbVkxAGY1H4pyw8k

Daanen, H.A.M., Van de Linde, F.J.G. Comparison of four non-invasive rewarming methods for mild hypothermia. Aviat. Space Environ. Med. 63: 1070 - 1076, 1992.

Jessel, S., Sawyer, S., & Hernández, D. (2019). Energy, Poverty, and Health in Climate Change: A Comprehensive Review of an Emerging Literature. *Frontiers in Public Health*, *7*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00357

Kakitsuba, N., & White, M. D. (2013). Effect of change in ambient temperature on core temperature during the daytime. *International Journal Of Biometeorology*, *58*(5), 901–907. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0673-8>

Kingma, B., Schweiker, M., Wagner, A., & Van Marken Lichtenbelt, W. D. (2017). Exploring internal body heat balance to understand thermal sensation. *Building Research & Information*, *45*(7), 808–818. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1299996>

*KNMI - Daggegevens van het weer in Nederland*. (z.d.). <https://www.knmi.nl/nederland-> nu/klimatologie/daggegevens

Kooger, R., Ter Hofte, Dreijerink, Tigchelaar, C., De Smidt, R., & Pedermors, A. (2019). Bevindingen Haalbaarheidsonderzoek VENIVIdiFlexi. Onderzoek naar energiebesparing bij huishoudens door slim verwarmen tijdens afwezigheid. In *https://www.tno.nl/nl/*. TNO. Geraadpleegd op 5 april 2025, van <https://publications.tno.nl/publication/34635174/QGAWjF/TNO-2019-> P10600.pdf

Lacroix, E., & Chaton, C. (2015). Fuel poverty as a major determinant of perceived health: the case of France. *Public Health*, *129*(5), 517–524. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2015.02.007

Liddell, C., & Guiney, C. (2015). Living in a cold and damp home: frameworks for understanding impacts on mental well-being. *Public Health*, *129*(3), 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2014.11.007>

Mccullough, E. A., Jones, B. W., & Huck, J. (1984). A COMPREHENSIVE DATA BASE FOR ESTIMATING CLOTHING INSULATION. *IIFIIR*, *91*.

Milieu Centraal. (z.d.). *Bespaartips verwarming*. [https://www.milieucentraal.nl/energie- besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/bespaartips-verwarming/](https://www.milieucentraal.nl/energie-%09besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/bespaartips-verwarming/)

Mulder, P., Kleinherenbrink, E., Hopman, B., & Batenburg, A. (2025). *Energiearmoedescenario’s bij stijgende energieprijzen in 2025*. TNO. [https://publications.tno.nl/publication/34643855/XvPG98yo/TNO-2025- R10431.pdf](https://publications.tno.nl/publication/34643855/XvPG98yo/TNO-2025-%09R10431.pdf)

Mulder, P., Longa, F., Wijlhuizen, E., Hopman, B., Batenburg, A. (2024). *Energiearmoede in Nederland 2019-2023.* TNO. [https://publications.tno.nl/publication/34642676/7qBbU9FJ/TNO-2024- R10801.pdf](https://publications.tno.nl/publication/34642676/7qBbU9FJ/TNO-2024-%09R10801.pdf)

Nayak, R., & Padhye, R. (2017). *Manikins for Textile evaluation*.

Tan, C. L., & Knight, Z. A. (2018). Regulation of Body Temperature by the Nervous System. *Neuron*, *98*(1), 31–48. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.02.022>

Thermetrics. (2025, 10 mei). *Newton Thermal Manikin System | Manikins | ThermetricsThermal Manikin - Newton - Thermetrics*. <https://thermetrics.com/products/rental/newton-thermal-manikin/>

Van Der Wal, A., Van Ooij, C., & Straver, K. (2023). *Effecten van fixers/energiecoaches, renovaties en witgoedregelingen*. TNO. [https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%2019c4cef8-fdbf-4e7f-9025- be945c822a02](https://repository.tno.nl/SingleDoc?find=UID%2019c4cef8-fdbf-4e7f-9025-%09be945c822a02)

Van Loy, N., Verbeeck, G., & Knapen, E. (2021). Personal Heating in Dwellings as an Innovative, Energy-Sufficient Heating Practice: A Case Study Research. *Sustainability*, *13*(13), 7257. <https://doi.org/10.3390/su13137257>

Osilla, E. V., Marsidi, J. L., Shumway, K. R., & Sharma, S. (2023). Physiology, Temperature Regulation. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Straver, K., Rijken, M., & Van Tilburg, X. (2024, 4 juni). *Gemeenten: “Kleine energiebesparende maatregelen helpen, maar grondige woningverbetering blijft nodig”*. [https://www.tno.nl/nl/newsroom/2024/06/gemeenten- energiebesparende- maatregelen/#:~:text=Energiearmoedebeleid%20bij%20gemeenten%3A%20voor uitgang%2C%20variatie%20en%20visie&text=Tegelijkertijd%20blijkt%20uit%20d e%20enqu%C3%AAte,beheersbaar%20maken%20van%20de%20energiekosten](https://www.tno.nl/nl/newsroom/2024/06/gemeenten-%09energiebesparende-%09%09maatregelen/#:~:text=Energiearmoedebeleid%20bij%20gemeenten%3A%20voor	uitgang%2C%20variatie%20en%20visie&text=Tegelijkertijd%20blijkt%20uit%20d	e%20enqu%C3%AAte,beheersbaar%20maken%20van%20de%20energiekosten).

Straver, K., Mulder, P., Middlemiss, L., Hesselman, M., Feenstra, M., & Tirado Herrero, S. (2020). *Energiearmoede en energietransitie: de energiearmoede beter meten, monitoren en bestrijden.* (TNO Whitepaper). TNO. <https://www.tno.nl/nl/over-> tno/nieuws/2020/11/energiearmoede-en- de-energietransitie/

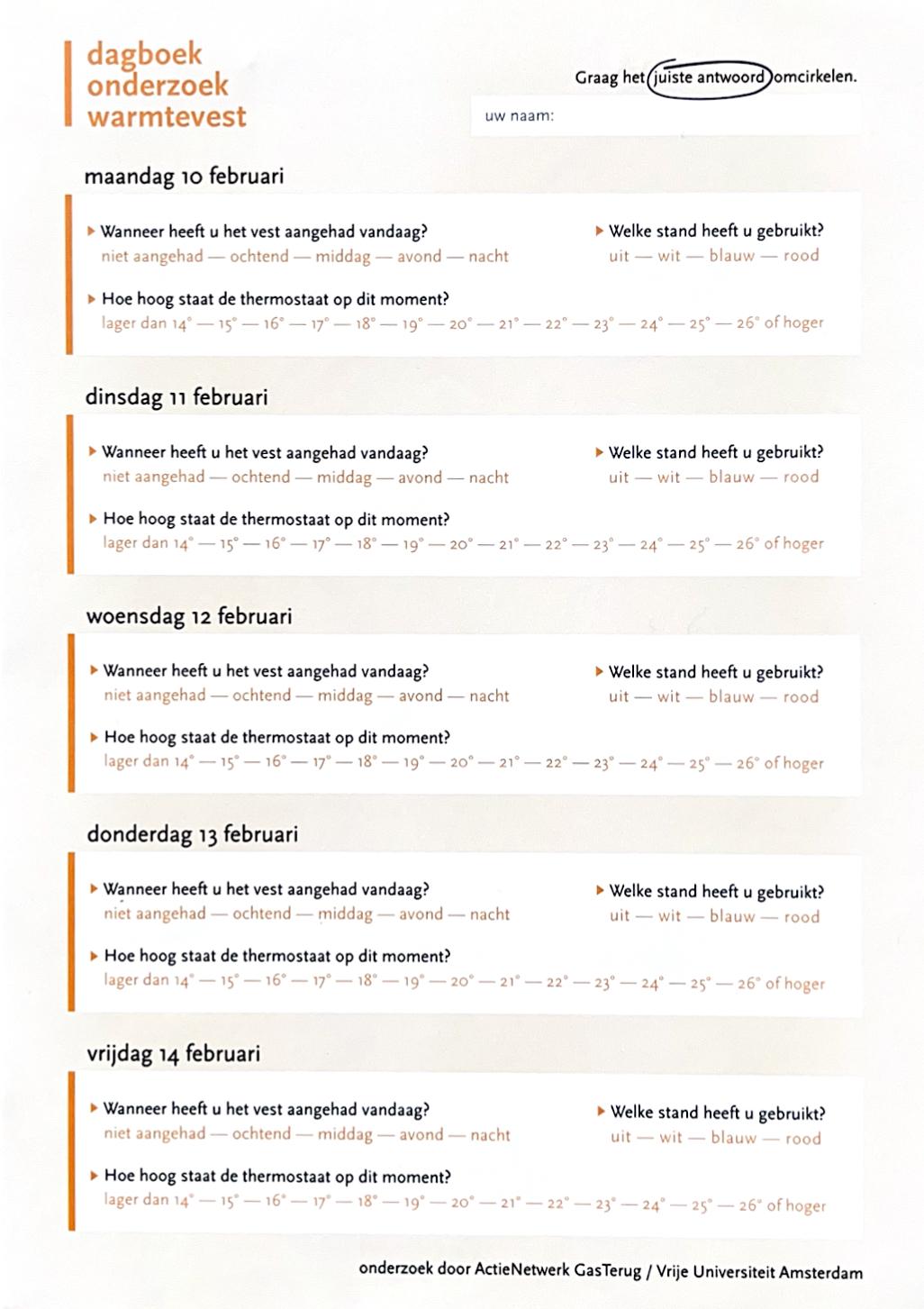
# Bijlagen

## Bijlage 1: Afbeelding warmtecamera

Afbeelding met tekst, schermopname, fles, tekenfilm

Automatisch gegenereerde beschrijving

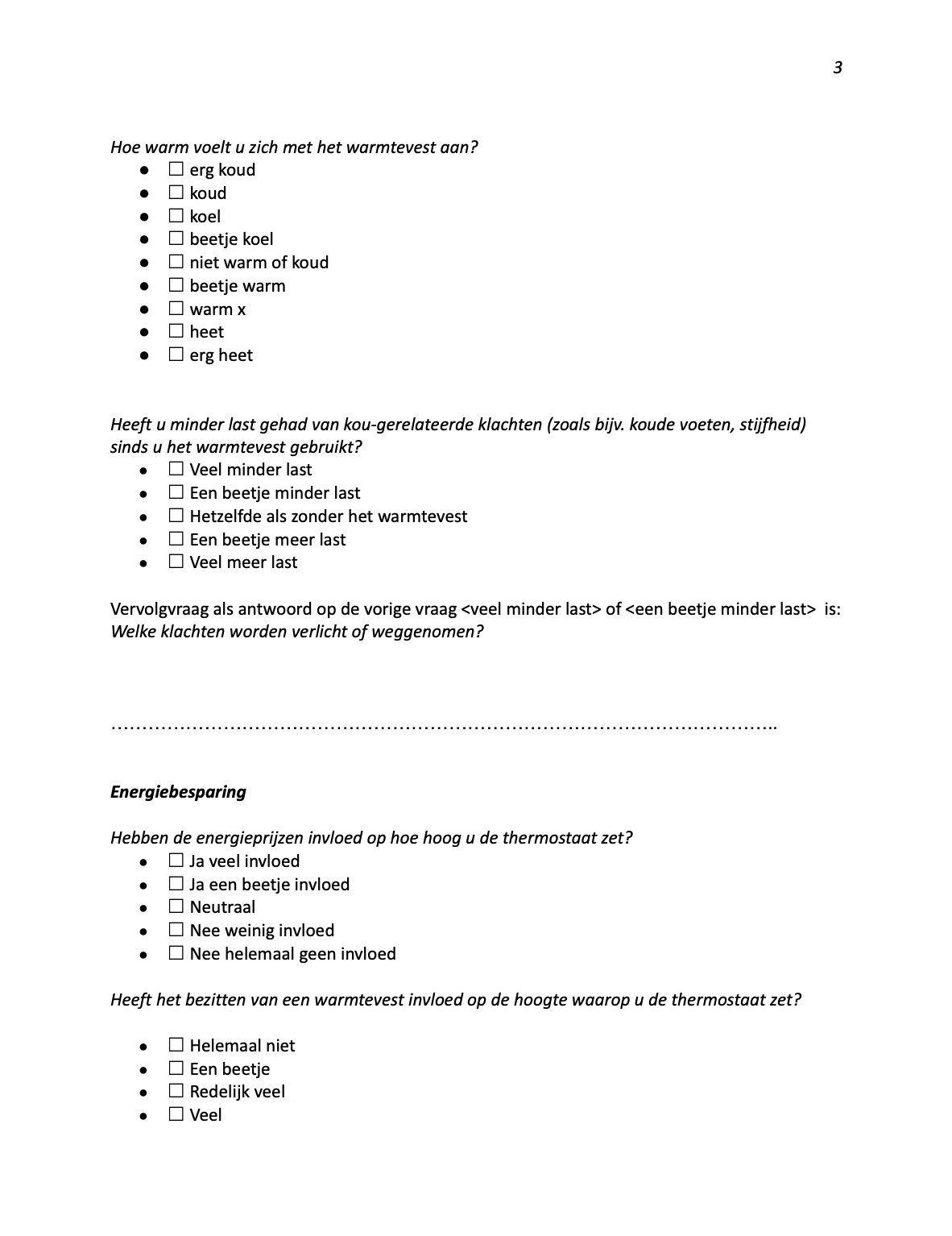
## *Bijlage 2: Dagboek*



Bijlage 3: Volledige interviewAfbeelding met tekst, ontvangst, schermopname, document

Automatisch gegenereerde beschrijving

Afbeelding met tekst, document, schermopname

Automatisch gegenereerde beschrijving

Afbeelding met tekst, document, schermopname, ontvangst

Automatisch gegenereerde beschrijving

## Bijlage 4: Warmteafgifte vest in Watt

Het warmtevest wordt gevoed door een powerbank die uiteindelijk warmte genereert in de spiralen in het vest. De powerbank bevat 5 Volt (V), wat een spanning (U) is. Door middel van een Ampere (A)-meter kan de stroom (I) gemeten worden. De ampere meter die is gebruikt is de FNB58 (FNBV582), hieruit bleek dat stroom 1,84 (I) bedroeg. Met deze variabelen is we het vermogen (W) van het warmtevest berekenen, aangezien W = stroom (I) \* spanning (U). Het vermogen bedroeg dan ook 1,84 I \* 5 U = 9,2 W. Dit betekent dat het vest 9,2 watt aan warmtevermogen produceert, aangezien er geen andere vormen van energieverlies zijn. 9,2 watt staat equivalent aan 9,2 joule per seconde

## Bijlage 5: Temperatuurverschil van 1,4115°C resulteert in 1m3

TNO concludeert dat elke 1,4155 graden temperatuurverschil (= binnentemperatuur – buitentemperatuur) resulteert in 1 m3 extra gas verbruik per dag voor een gemiddelde woning. De 1,4115°C komt voort uit een TNO-model dat een gemiddelde woning beschouwt.

Dit betekent dat voor een gemiddelde woning het verlagen van de thermostaat met 1 graad celcius leidt tot een besparing van 0,7 m3 gas per dag, want 1°C / 1,4115°C = 0,7 m3 gas per dag.

Echter verschilt het precieze effect per woning type en isolatieniveau. Hieronder is een aanname gemaakt voor de gasbesparing per dag voor een slecht als goed geïsoleerd huis.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Isolatiegraad | Uitleg | Gas besparing bij 1 graad lager | Gas besparing per dag |
| Slecht geïsoleerd (aanname) | Slechte isolatie > meer warmteverlies > meer gas bij ΔT | Meer dan 0,7 m3 per dag | Bijv: 0,9 m3 per dag |
| Gemiddeld geisoleerd (TNO) | Elke 1,4115°C temperatuurverschil resulteert in 1 m3 extra verbruik per dag (TNO) | Verlagen thermostaat leidt tot besparing 0,7 m3 gas per dag (TNO) | 0,7 m3 per dag |
| Goed geïsoleerd (aanname) | Goed geisoleerd > minder warmteverlies > minder gas bij ΔT | Minder dan 0,7 m3 per dag | 0,5 m3 per dag |

## Bijlage 6: Berekende Clo-waardes

ISO 15831 schrijft voor dat de volgende Clo formule gebruikt moet worden bij statische Manikin metingen, deze luidt als volgt: .

De constante in deze formule luidt als volgt:

* A = lichaamsoppervlak in m² = 1,77 m² (Nayak & Padhye, 2017)
* T\_huid = huid temperatuur in *°C = 39°C*
* T\_omgeving = omgevingstemperatuur in *°C*
* De variabele in deze formule luiden als volgt en geven ons de bijbehorende Clo-waardes:

| *Conditie* | *P (W)* | *T\_omgeving (°C)* | **Clo (nieuw)** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. Nude | 109,87 | 27,5 | 0,030 |
| 1. T-shirt | 85,96 | 27,7 | 0,035 |
| 1. T-shirt\_vest\_zonder\_batterij | 51,91 | 27,8 | 0,059 |
| 1. T-shirt\_vest\_zonder\_batterij\_hoodie | 44,00 | 25,7 | 0,086 |
| 1. T-shirt\_vest\_wit | 57,79 | 26,6 | 0,060 |
| 1. T-shirt\_vest\_blauw | 46,30 | 26,9 | 0,074 |
| 1. T-shirt\_vest\_rood | 60,21 | 26,2 | 0,058 |
| 1. T-shirt\_vest\_wit\_hoodie | 34,32 | 26,0 | 0,099 |
| 1. T-shirt\_vest\_blauw\_hoodie | 32,51 | 27,1 | 0,100 |
| 1. T-shirt\_vest\_rood\_hoodie | 28,49 | 26,2 | 0,107 |