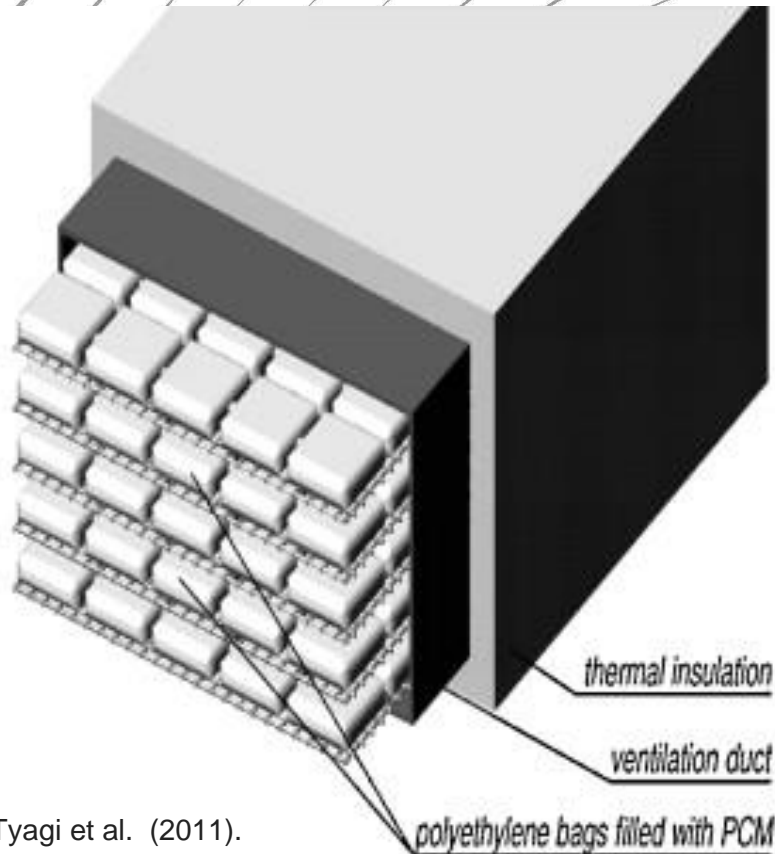
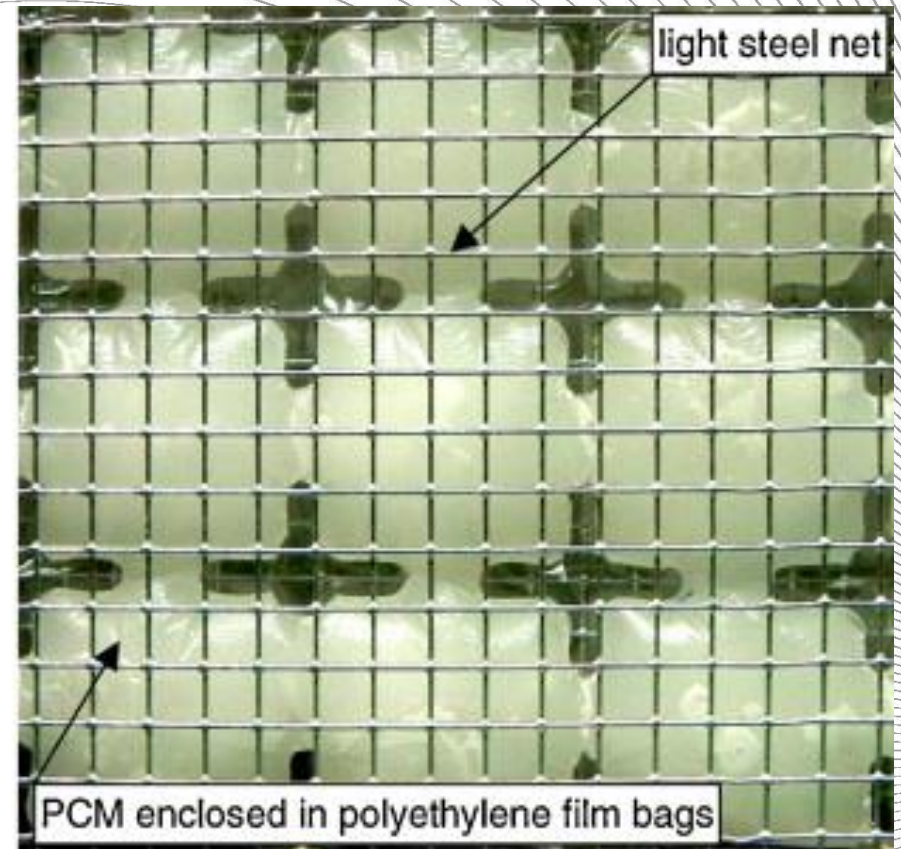


In het gebouw geïntegreerd faseovergangsmaterialen voor energieopslag en thermisch comfort



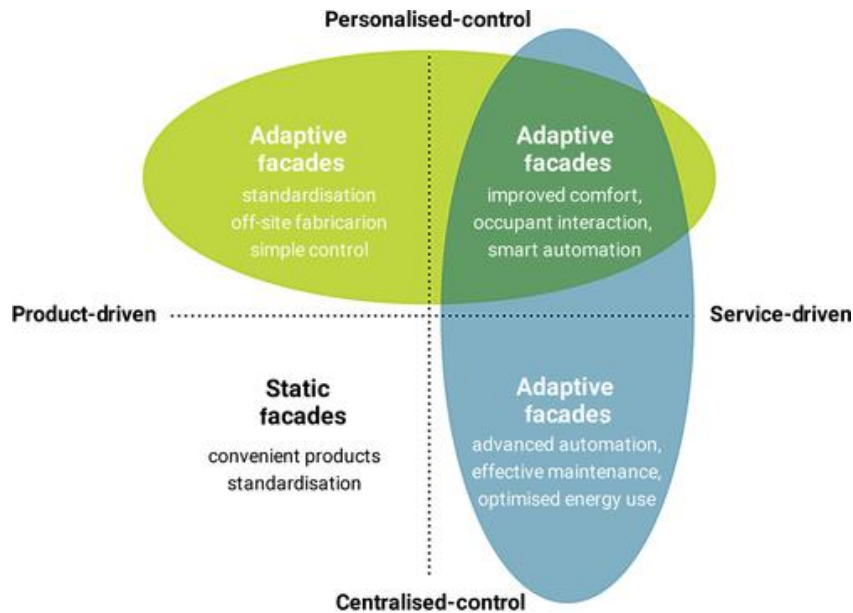
Tyagi et al. (2011).



Prof. Dr. Shady Attia

*Sustainable Building Design Lab, UEE,
Applied Sciences, University of Liège, Belgium*
shady.attia@uliege.be

Adaptieve geveloplossingen



geavanceerde automatisering



Dynamic Insulation



Dynamic shadings



Chromogenic facades



Solar active facades



Active ventilative facades

Source: Attia, S., Lioure, R., & Declaude, Q. (2020). Future trends and main concepts of adaptive facade systems. Energy Science & Engineering, Wiley, 10.1002/ese3.725

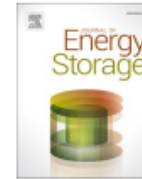
Adaptieve geveloplossingen



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Journal of Energy Storage

journal homepage: www.elsevier.com/locate/est



Research papers

Thermal performance of a dynamic insulation-phase change material system and its application in multilayer hollow walls

Zhaoli Zhang^{a,*}, Nan Zhang^a, Yanping Yuan^{a,*}, Patrick E. Phelan^b, Shady Attia^c

^a School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

^b School for Engineering of Matter, Transport & Energy, Arizona State University, Tempe 85287-6106, United States

^c Sustainable Building Design Lab, Dept. UEE, Faculty of Applied Sciences, University of Liège, Liège 4000, Belgium



ARTICLE INFO

Keywords:

Phase change material
Building overheating
Dynamic insulation system
Air flow
Thermal resistance

ABSTRACT

The Building integrated with phase change material (PCM) creates a large thermal barrier between indoor thermal environment and ambient, usually resulting in overheating problem in summer. Dynamic insulation system (DIS) based on air flow is introduced into PCM to form a composite structure featured with switchable thermal resistance to address this issue. Theoretical model is built according to phase transition of PCM and heat transfer between PCM and flowing air. Result indicates that thermal resistance can be modified by natural convection and forced turbulence of air. Forced turbulence case obtains the lowest thermal resistance, orderly followed by natural convection and closed cases. Temperature and phase change contour indicate that turbulent air enables to promote uniformity of temperature and phase transition distribution. Larger H/L ratio and height of PCM cavity inducing more intensive air flow are favorable to heat transfer between air and PCM. A DIS-PCM module with low flowing rate or large inputted heat flux produces rapid heat transfer rate and early PCM melting. The Built DIS-PCM module is then coupled with the multilayer hollow wall component to investigate potential application in relieving building overheating issue. Lower average temperature of the interior wall and higher heat dissipation rate from indoor thermal environment verify that the DIS-PCM module enables to resolve building overheating under constant or variable ambient temperature, even at slight temperature difference between indoor and ambient temperatures. Indoor thermal comfortable temperature can be accurately adjusted according to the air flowing rate. In conclusion, the novel DIS-PCM system eliminates building overheating issue through its thermal resistance switch in response to various working scenarios, with substantial benefits to development of latent heat thermal energy storage available to building energy conservation.

<https://orbi.uliege.be/handle/2268/300303>

Source: Zhang, Z., Zhang, N., Yuan, Y., Phelan, P., Attia, S. (2023) Thermal performance of a dynamic insulation-phase change material system and its application in multilayer hollow walls, *Journal of Energy Storage*, Volume 62, 106912, <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.106912>.

Acknowledgment

12 october 2023 | Kazematten, Gent, Pixii / Passiefhuis-Platform vzw

Project Partner



西南交通大学
Southwest Jiaotong University

Southwest Jiaotong Uni.

Chengdu, China

Dr. Zhaoli Zhang

Dr. Nan Zhang

Prof. Dr. Yanping Yuan



Energy in Buildings and
Communities Programme

IEA ES Task 43

The use of building mass as storage for renewables and grid flexibility

Programma

I. Introductie

II. Materialen voor faseverandering

III. Experimenten

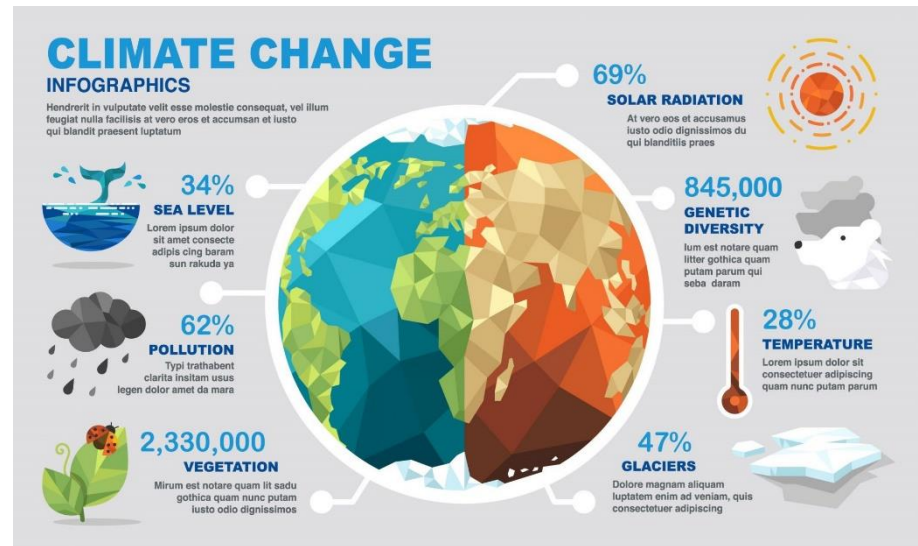
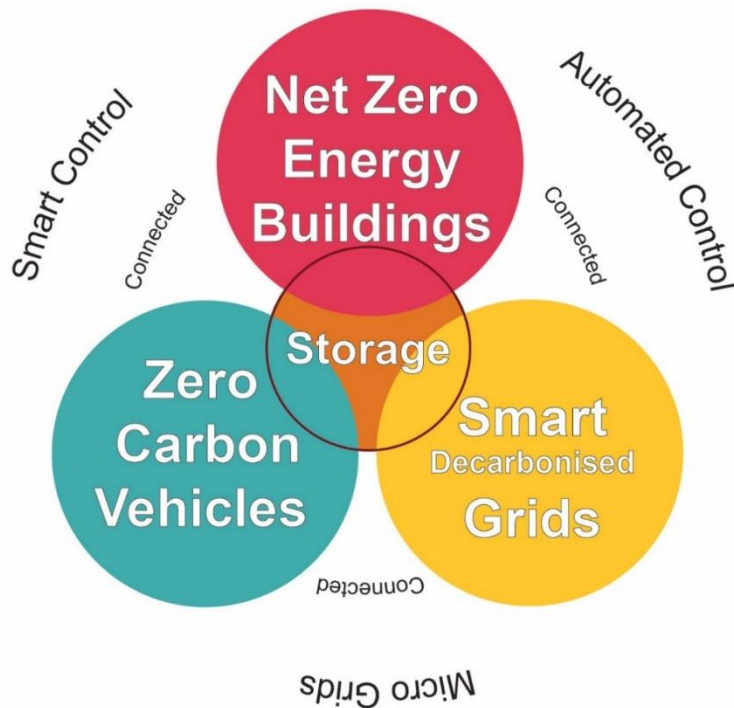
IV. Toepassing

Introductie



Koolstofneutrale gemeenschappen

Opslag is de kern van de transitie

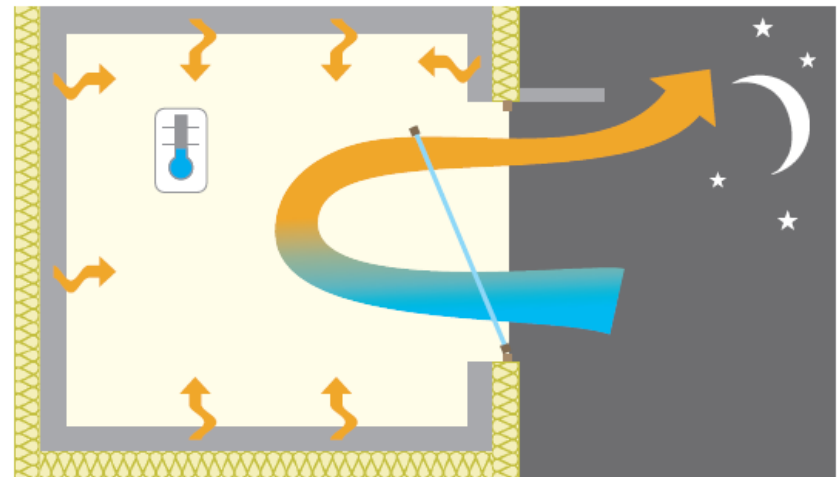
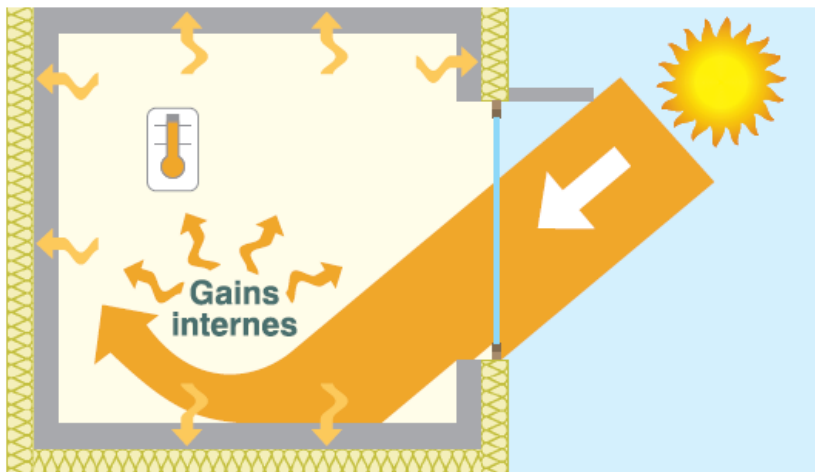


Resilience

Thermische inertie

Het capaciteit van bouwmaterialen om warmte of koelte op te slaan en af te geven

Het effect van thermische inertie moet worden gecombineerd met nachtventilatie om het risico op oververhitting als gevolg van zonnewinsten te verminderen.



Thermische inertie

Traditionele constructie maakt het vrij eenvoudig om een gebouw met aanzienlijke thermische inertie te ontwerpen.

Lichte constructies (hout, staal, enz.) bieden aanzienlijke isolatie met redelijke wanddiktes, maar bieden een lage traagheid. >>> te **optimaliseren met maximale massa in de wanden in contact met het interieur.**



Arch : L. Vandormael
Construction mixte bois-béton.



Photo : Eureka
Remplissage d'une ossature avec des briques de terre crue.



Photo : Eureka
Remplissage d'une ossature avec un mélange d'argile et de paille



Photo : A. Evrard
Remplissage d'une ossature en béton de chaux et de chanvre

Energetische boomstructuur



De EPB is een statisch model dat de inertie compenseert.

4 thermische inertieclassen zijn definitief bij EPB: zwaar, middelzwaar, lichtzwaar en licht

Materialen voor faseverandering



Dynamische isolatiesystemen

Thermische slimme materialen en systemen

Imbabi [1]	<ul style="list-style-type: none">• gesimuleerde prestaties van een nieuwe lege ruimte gekoppeld aan passief isolatiemateriaal.• actieve ventilatie voor een laag thermisch verlies en een hoge binnen luchtkwaliteit in gebouwen met een dunne schil constructie.
Pflug [2]	<ul style="list-style-type: none">• ontwierp een nieuw schakelbaar venster bestaande uit een reeks met lucht gevulde holtes.• het omschakelen van de thermische en optische eigenschappen van een thermisch isolerende toestand naar een geleidende toestand.
Koenders [3]	<ul style="list-style-type: none">• geforceerde connectieve thermische slimme systemen met gesloten lus.• het energieverbruik verminderen en het thermisch comfort binnenshuis verhogen met minder hulpenergie dan conventionele koelsystemen.

Dynamische isolatiesystemen

Biologische paraffinewas

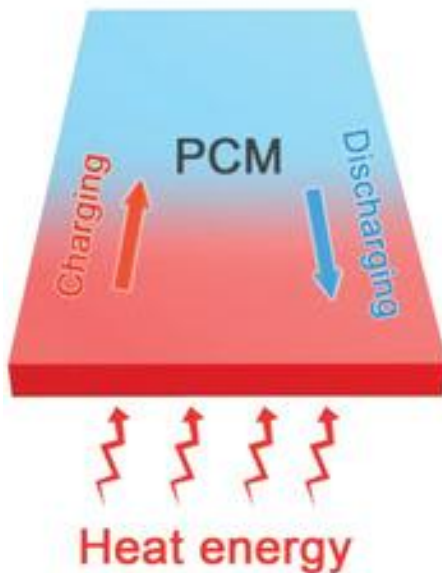
- ❑ Biologische paraffinewas met een smeltpunt dichtbij de vereiste binnentemperatuur wordt gekozen als thermische energieopslagmedium.
- ❑ Paraffine komt uit aardolie en is goedkoop maar door het inkapselen ervan wordt het duur.
- ❑ Het is milieuvervuilend, maar het is een betere keuze dan elektrische batterijen.



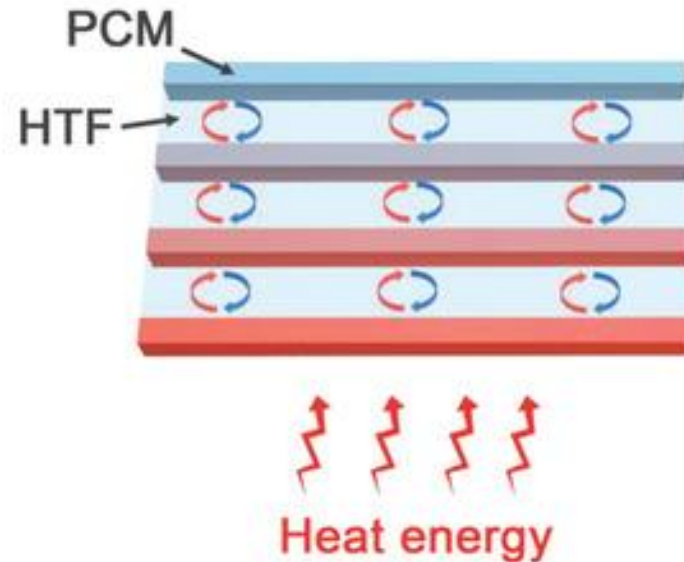
Dynamische isolatiesystemen

Biologische paraffinewas

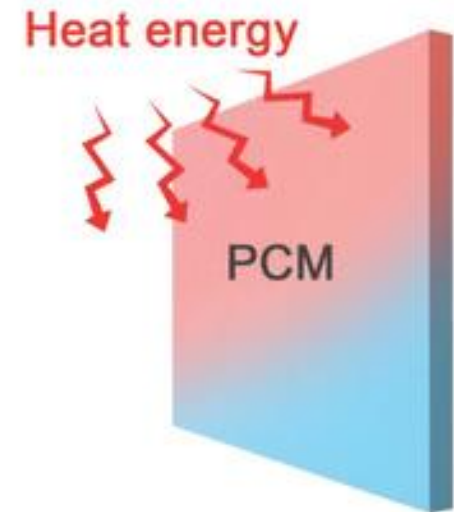
(a) Conduction



(b) Convection



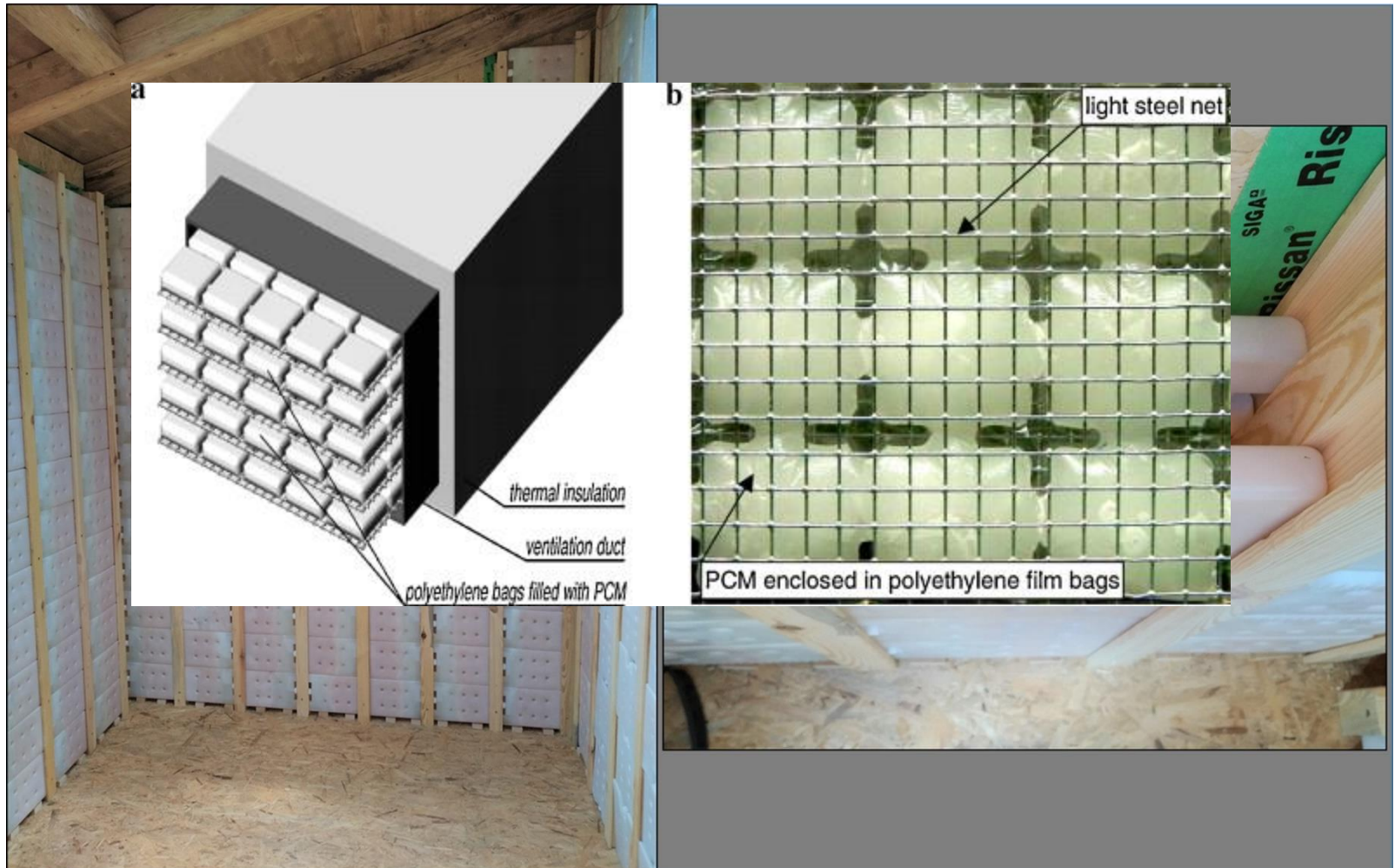
(c) Radiation



- ❑ Paraffinewas heeft een lage thermische geleidbaarheid, maar het smeltproces is erg langzaam onder natuurlijke convectie omstandigheden. Dus de **Warmtedissipatiesnelheid is laag**.

Dynamische isolatiesystemen

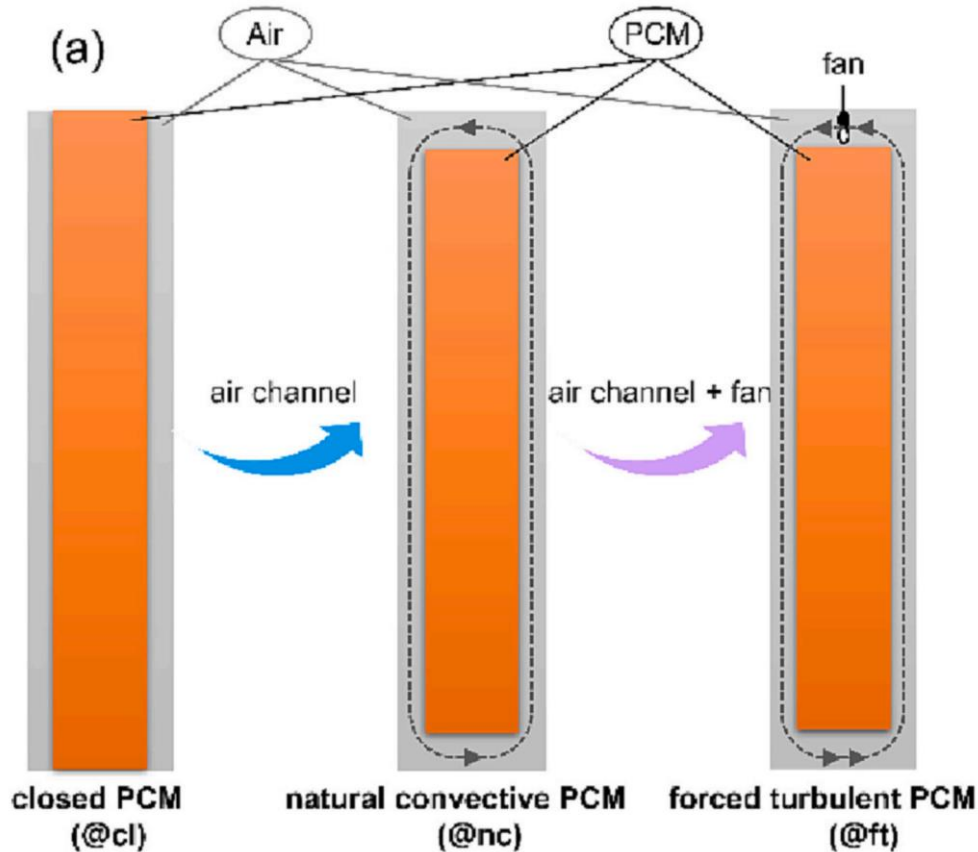
Boxed paraffinewas



Experimenten



Drie instellingen



Holle bouwschill

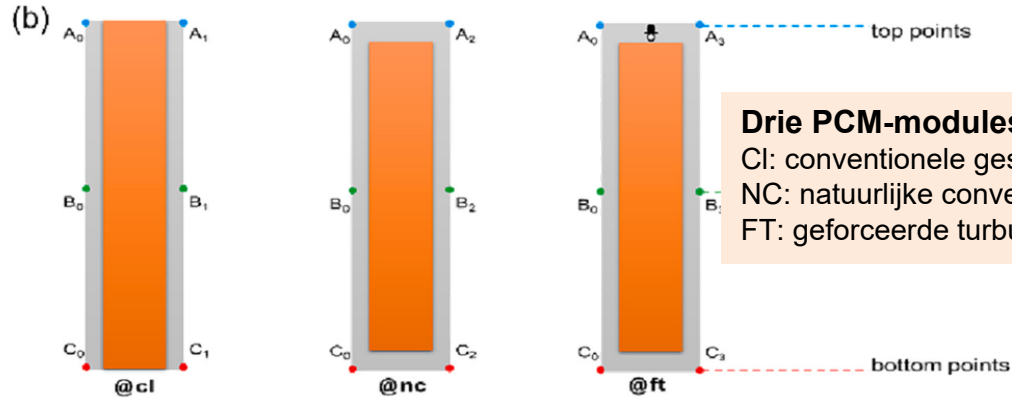
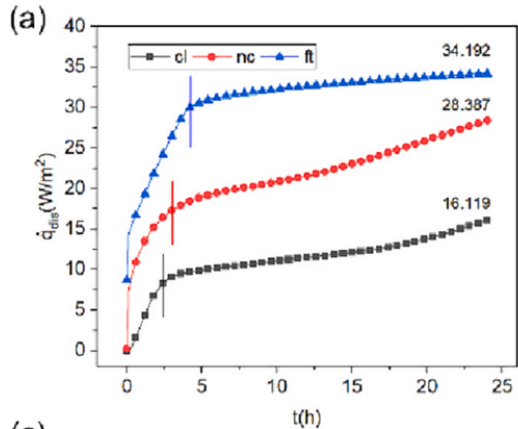
Drie PCM-modules:

Cl: conventionele gesloten PCM-module

NC: natuurlijke convectieve PCM-module

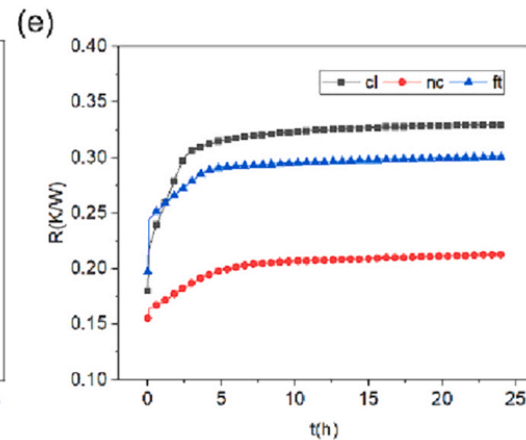
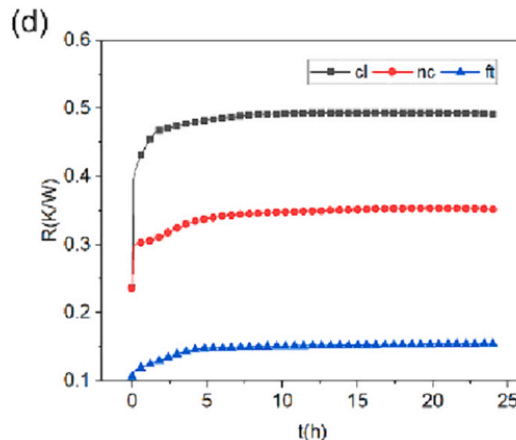
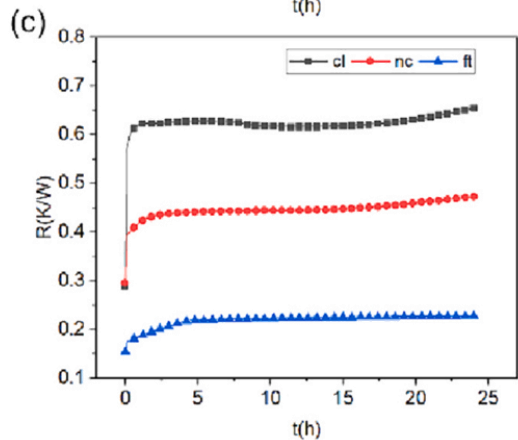
FT: geforceerde turbulente PCM-module

Warmtedissipatiesnelheid en thermische weerstand



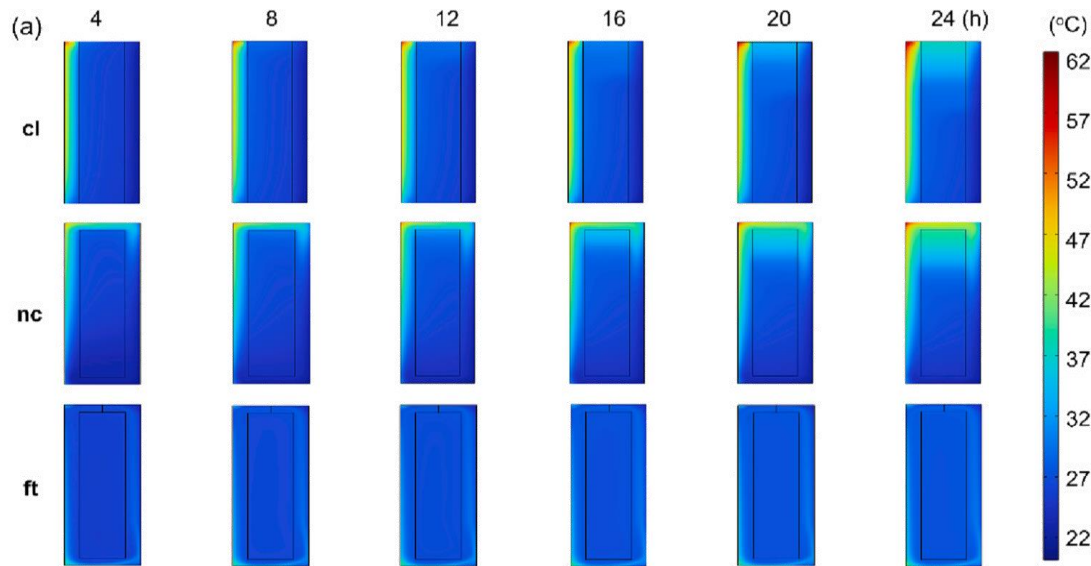
Drie PCM-modules:

Cl: conventionele gesloten PCM-module
 NC: natuurlijke convectieve PCM-module
 FT: geforceerde turbulente PCM-module



-Natuurlijke convectie en geforceerde turbulente luchtstromen kunnen de gemiddelde warmteafvoersnelheid verbeteren;
 -Het uiteindelijke maximale resultaat benadert 28 en 34 W/m² met betrekking tot NC- en FT-gevallen.

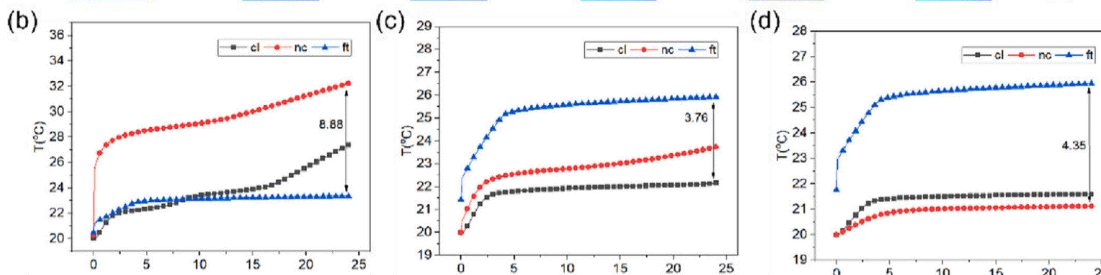
Temperatuurcontour en rechtergrenstemperatuur



De hoge-temperatuur-contour in het bovenste gedeelte van de PCM-holte in CI- en NC-gevallen. Lucht met hoge temperatuur zweeft omhoog langs de PCM-modules, aangedreven door het thermische drijfvermogen.

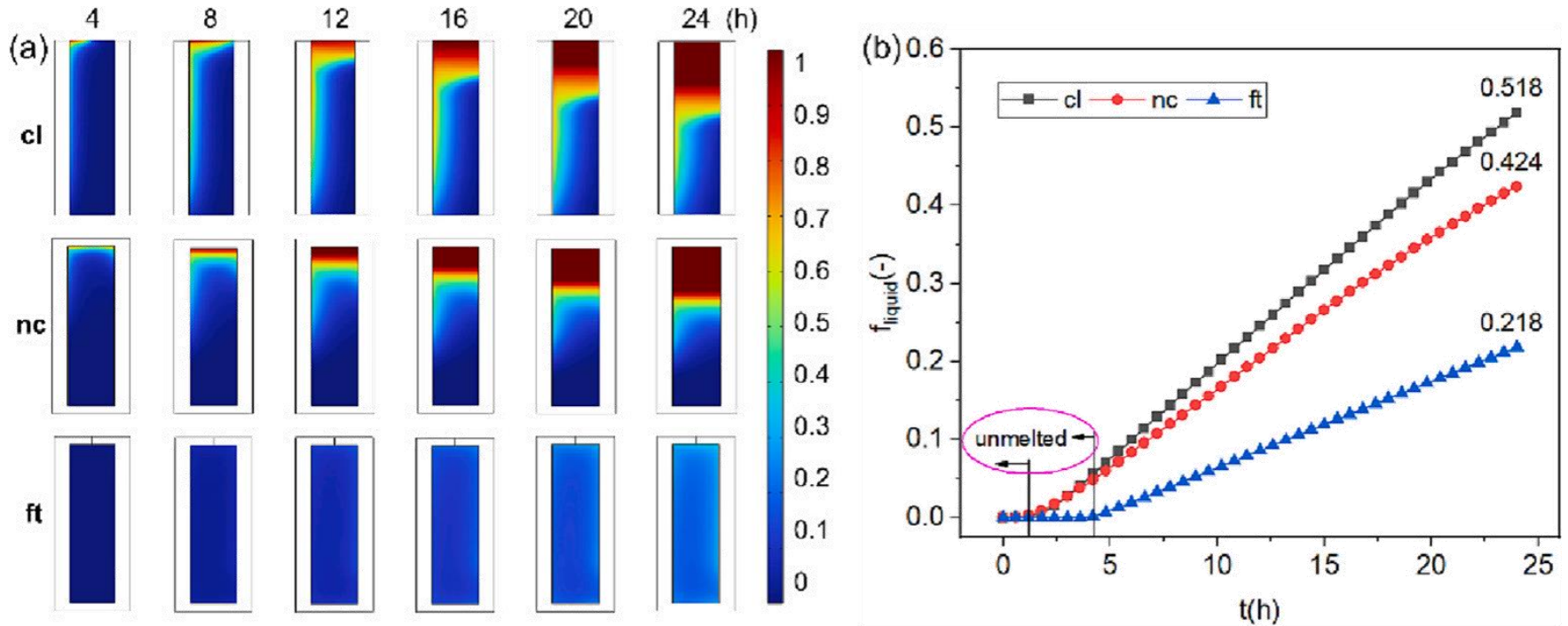
Drie PCM-modules:

- 1CI: conventionele gesloten PCM-module
- 2nc: natuurlijke convectieve PCM-module
- 3ft: geforceerde turbulente PCM-module



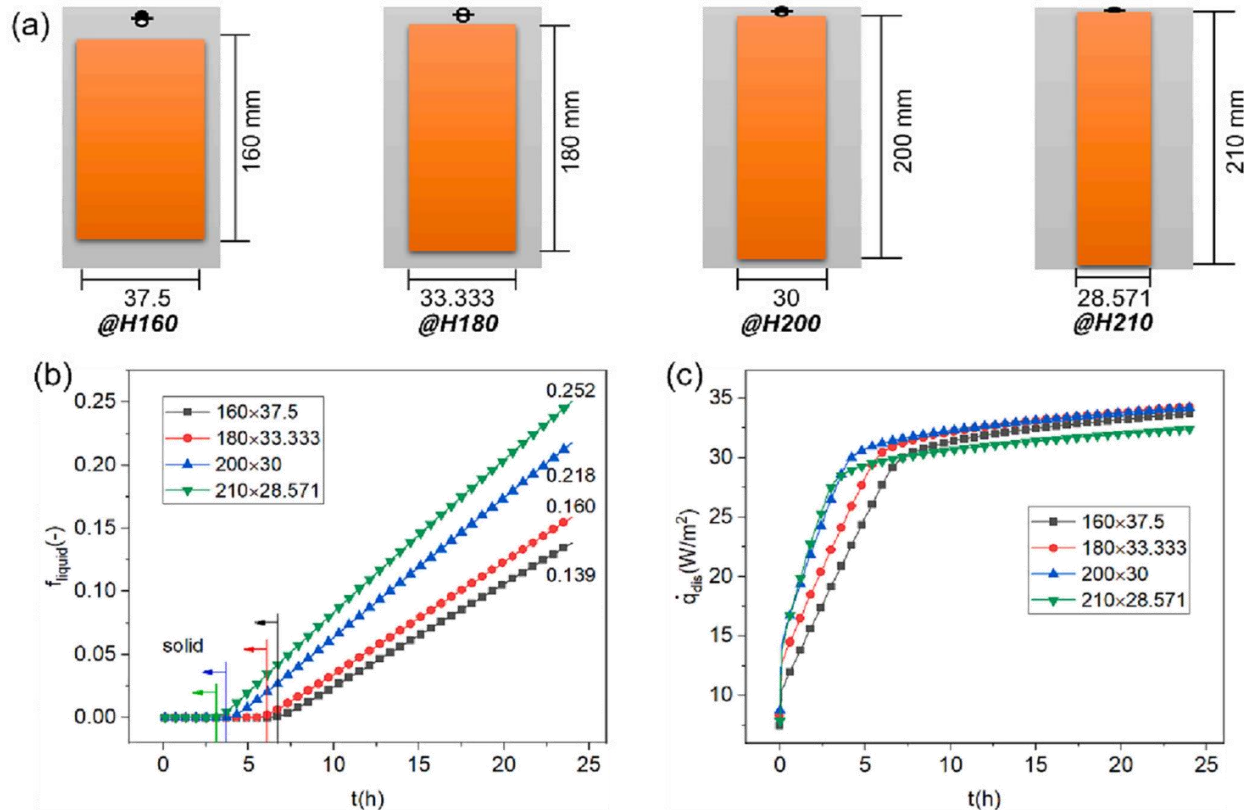
Temperatuurcontour en temperatuurprofiel van monsterpunten aan de rechtergrens van de PCM-module ($u_{air} = 0,5 \text{ m/s}$, $\dot{q} = 50 \text{ W/m}^2$).

Faseveranderingscontour en vloeibare fractie van PCM



Onder luchtgeforceerde turbulentie kan meer thermische energie vanaf de rechtergrens worden afgevoerd. Natuurlijke luchtconvectorie in het ringvormige kanaal bevordert de warmteafvoerprestaties.

Hoogte/lengte-verhouding van PCM-holte



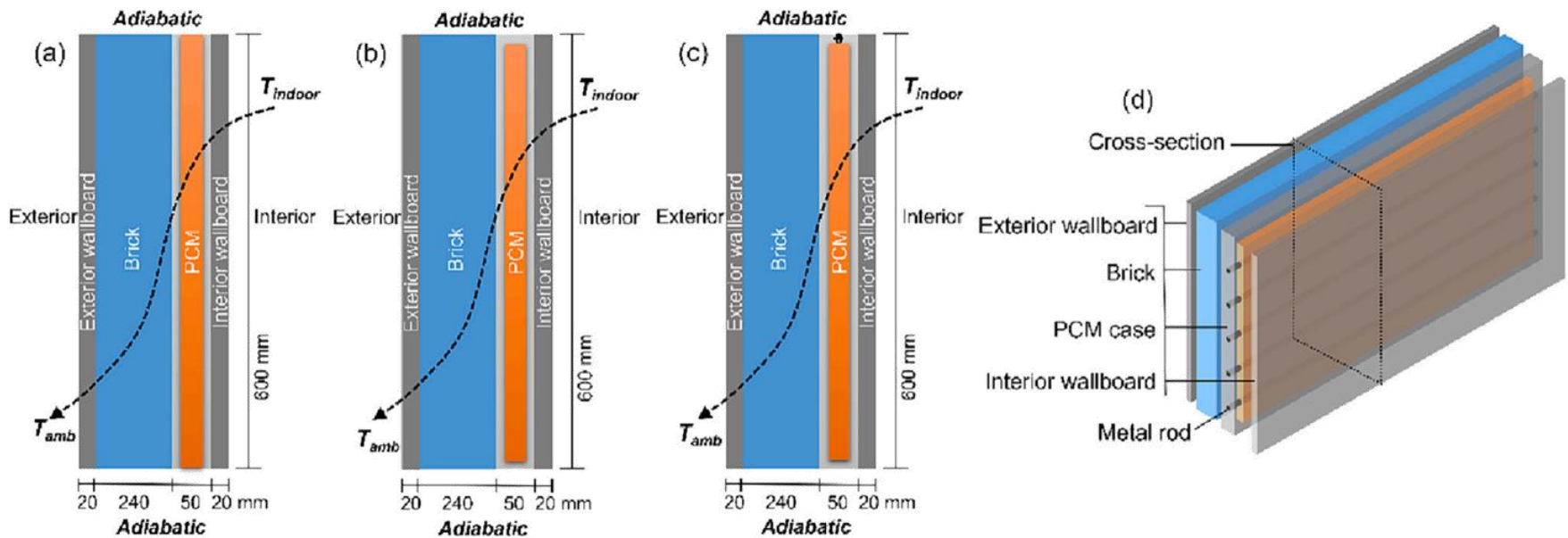
Een grotere behuizingshoogte veroorzaakt een langere effectieve contacttijd, wat bevorderlijk is voor het verbeteren van de warmteoverdrachtsprestaties tussen lucht en PCM.

Toepassing



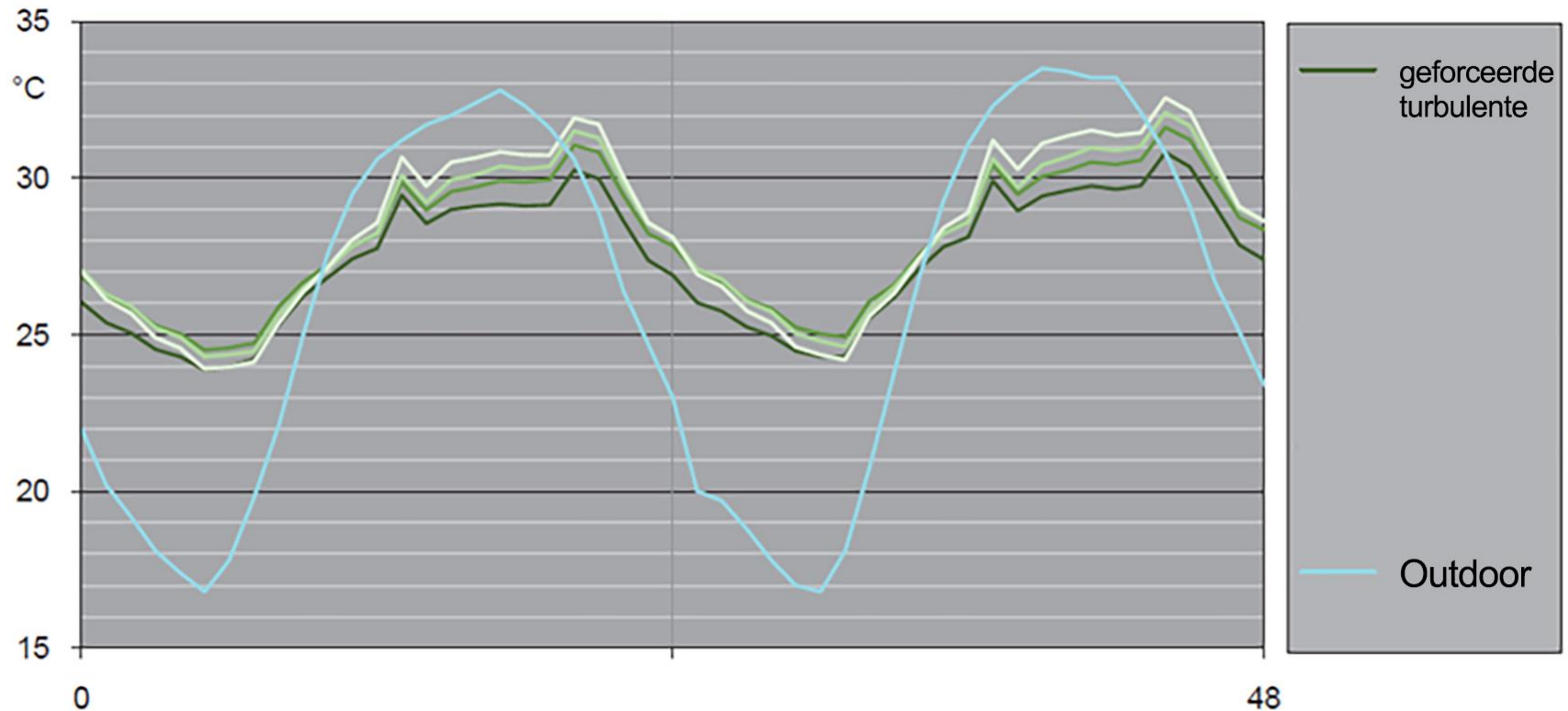
Ons project

Meerlaagse hollewandcomponenten met diverse PCM-modules



Ingebouwde PCM-modules kunnen de thermische geleidbaarheid verminderen en de warmteafvoer aanzienlijk versnellen als de convectieve luchtstroom hoger is dan 0,5 m/s.

Traditionele Constructie



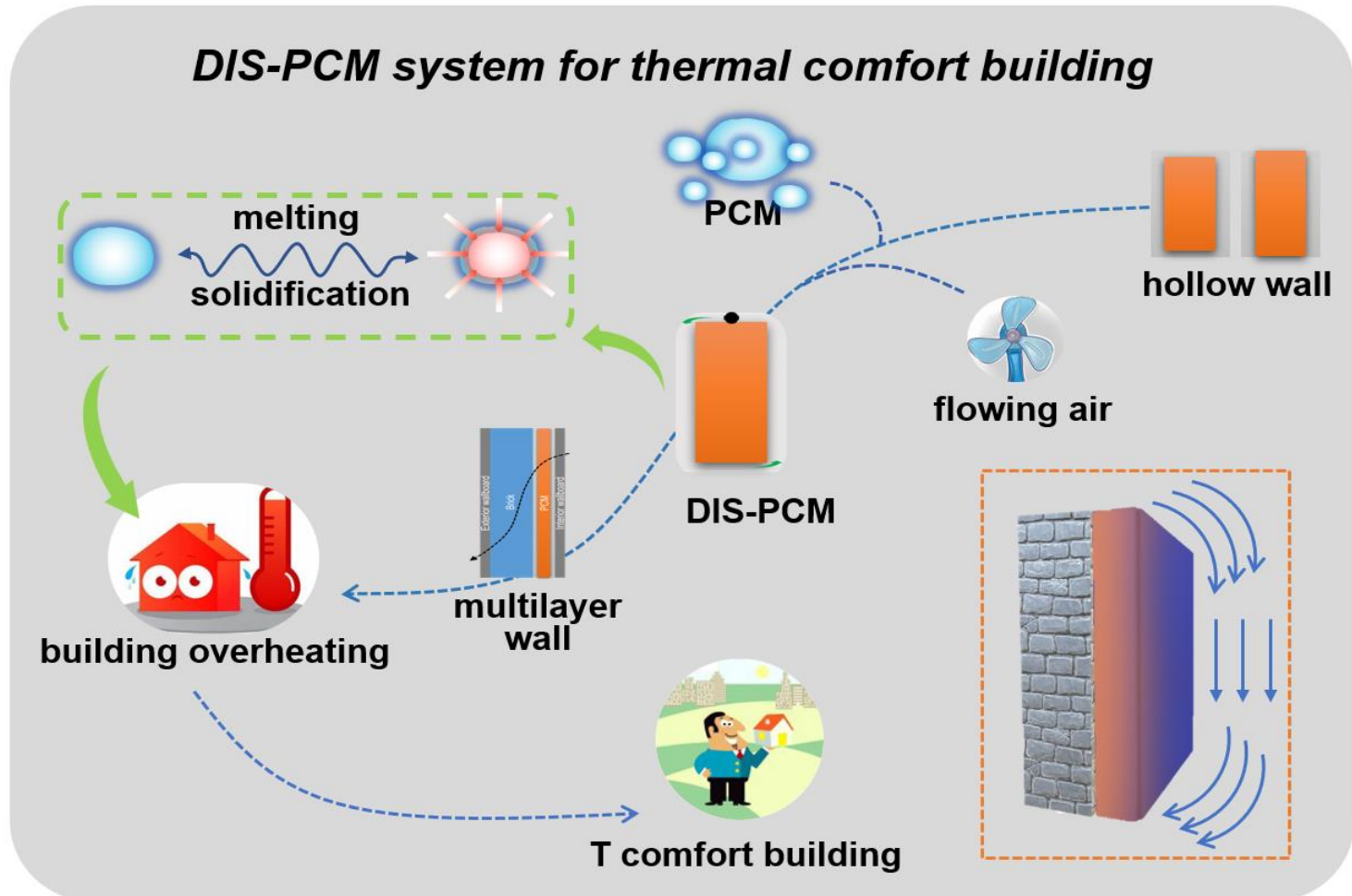
Het gebruik van faseovergangsmaterialen kan de hitte- of koud pieken tijdens hittegolven of koude periodes in ons gematigde oceaanklimaat verzachten. De technologie is echter effectiever in binnen omstandigheden, met een groter verschil tussen buiten- en binnentemperaturen. Het kan dus veelbelovend zijn voor winterstalling.

Conclusie en aanbevelingen



Conclusie

- We hebben een composiet structuur ontwikkeld met schakelbare thermische weerstand



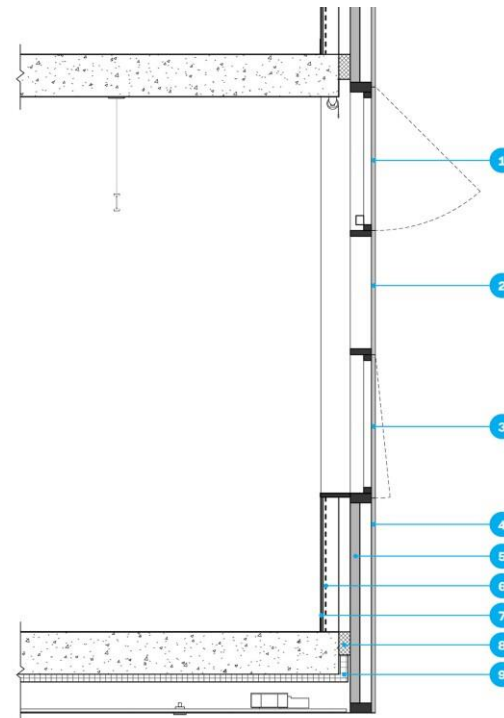
Aanbevelingen

- ❑ De thermische weerstand van PCM-modules kan aanzienlijk worden gewijzigd door natuurlijke convection en geforceerde turbulentie van lucht.
- ❑ De gemiddelde warmteafvoersnelheden van PCM-modules nemen toe met het argument van de tijd.
- ❑ Geforceerde turbulentie van lucht bevordert de uniformiteit van de temperatuur en de faseovergangsverdeling.
- ❑ Het slim inzetten van PCM in de gebouwschil kan de koellast verlagen.

Voorbeeld uit de praktijk

Santa Monica City Services Building

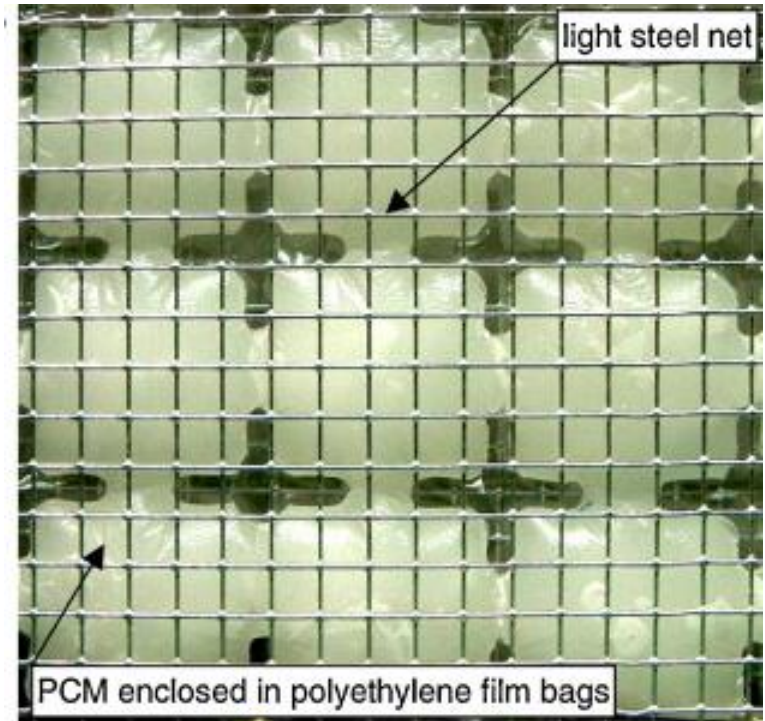
Borstwering/Sprandel



1. Glazing panel vent, automatically controlled
2. Glazing panel vent, fixed
3. Glazing panel vent, operable
4. Glazing panel vent, spandrel
5. Insulation
6. Phase-change material
7. 5/8" gypsum wall board
8. Perimeter fire safing
9. 2" min. rigid insulation

Conclusie en toekomstwerk

- ❑ Pakketten met faseveranderingsmateriaal geïntegreerd in de gebouwschil absorberen en geven langzaam warmte af, en werken als aanvullende thermische massa met nacht ventilatie om temperatuurveranderingen te bufferen.
- ❑ We gebruiken momenteel paraffinewas, maar we zullen deze vervangen door een samenstelling op basis van plantaardige olie die verandert van vast naar gel wanneer de omgevingstemperatuur het comfortbereik overschrijdt.



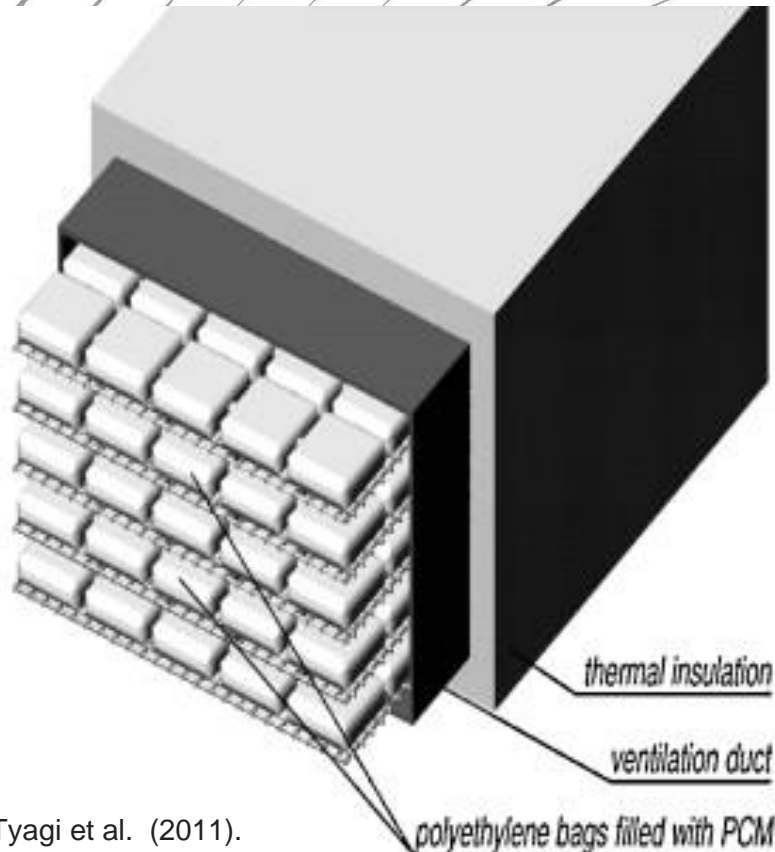
Tyagi et al. (2011) Zhang et al. 2024



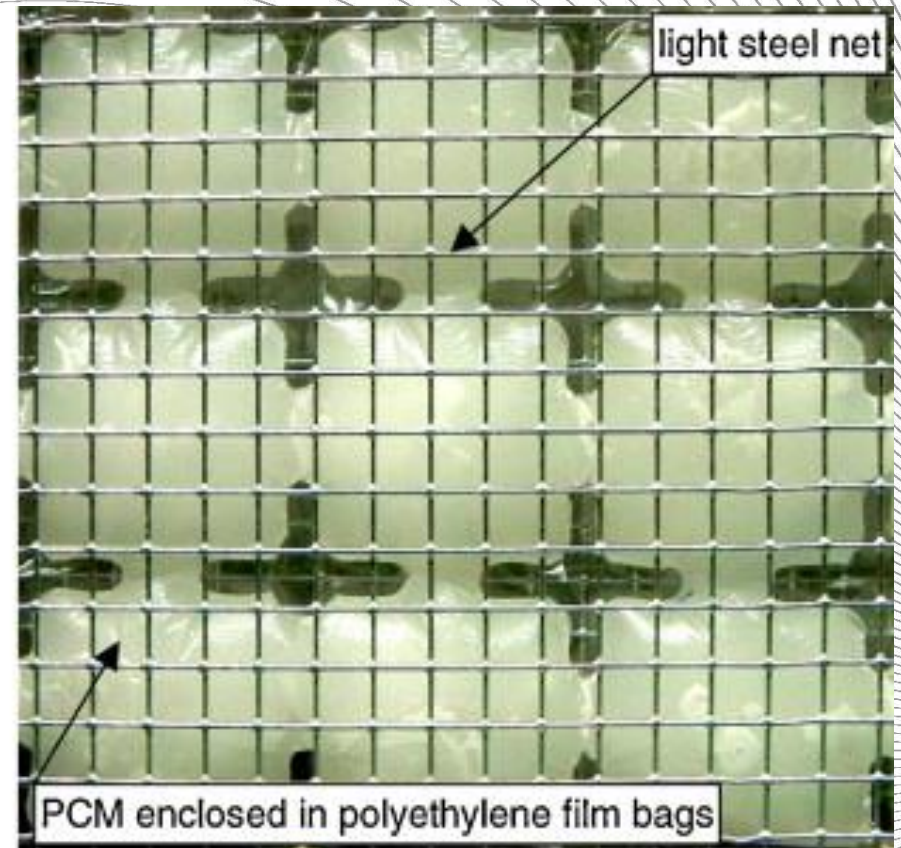
Referenties

1. Tyagi, V. V., Kaushik, S. C., Tyagi, S. K., & Akiyama, T. (2011). Development of phase change materials based microencapsulated technology for buildings: a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(2), 1373-1391.
2. Sonnicks, S., Erlbeck, L., Gaedtke, M., Wunder, F., Mayer, C., Krause, M. J., ... & Rädle, M. (2020). Passive room conditioning using phase change materials—Demonstration of a long-term real size experiment. *International Journal of Energy Research*, 44(8), 7047-7056.
3. Zhang, Z., Liu, J., Zhang, N., Cao, X., Yuan, Y., Sultan, M., & Attia, S. (2023). Dynamic discharging performance of a latent heat thermal energy storage system based on a PID controller. *Journal of Energy Storage*, 71, 107911.
4. Zhang, Z., Zhang, N., Yuan, Y., Phelan, P. E., & Attia, S. (2023). Thermal performance of a dynamic insulation-phase change material system and its application in multilayer hollow walls. *Journal of Energy Storage*, 62, 106912.
5. Zhang, C., Kazanci, O. B., Levinson, R., Heiselberg, P., Olesen, B. W., Chiesa, G., ... & Zhang, G. (2021). Resilient cooling strategies—A critical review and qualitative assessment. *Energy and Buildings*, 251, 111312.
6. Zhang, Z., Zhang, N., Yuan, Y., Phelan, P. E., & Attia, S. (2023). Thermal performance analysis of an existing building heating based on a novel active phase change heater. *Energy and Buildings*, 278, 112646.
7. Zhong, W., Min, W., Cao, X., Zhang, N., Leng, Z., Yuan, Y., & Attia, S. (2022). Heat transfer performance of a device integrating thermosyphon with form-stable phase change materials. *Journal of Energy Storage*, 54, 105315.

In het gebouw geïntegreerd faseovergangsmaterialen voor energieopslag en thermisch comfort



Tyagi et al. (2011).



Prof. Dr. Shady Attia

*Sustainable Building Design Lab, UEE,
Applied Sciences, University of Liège, Belgium*
shady.attia@uliege.be