

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00463

(22) Data de depozit: 25/06/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/12/2019 BOPI nr. 12/2019

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE  
CONSTRUCȚII DIN BUCUREȘTI,  
BD.LACUL TEI NR.122-124, SECTOR 2,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• CROITORU CRISTIANA VERONA,  
ALEEA BARAJUL CUCUTENI NR. 4,  
BL. M5A, AP.3, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,  
RO;

• BEJAN ANDREI STELIAN,  
STR.MIHAI VITEAZU, NR.1, BL.1, SC.D,  
AP.20, BACĂU, BC, RO;  
• BODE FLORIN IOAN, STR.BUNA ZIUA,  
NR.25G, AP.3A, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;  
• SANDU MIHNEA,  
CALEA 13 SEPTEMBRIE, NR.133, BL.T2B,  
AP.36, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;  
• NĂSTASE ILINCA,  
STR. VALEA LUI MIHAI, NR.4, BL.A4, SC.E,  
ET.2, AP.69, BUCUREȘTI, B, RO;  
• DOGEANU ANGEL MĂDĂLIN,  
ȘOS.ALEXANDRIA, NR.8, BL.L3, ET.7,  
AP.26, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

(54) ELEMENT DE FAȚADĂ OPAȚĂ VENTILATĂ  
PENTRU CAPTAREA PASIVĂ A ENERGIEI SOLARE  
CU MATERIALE CU SCHIMBARE DE FAZĂ INTEGRATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un element de fațadă ventilată pentru captarea pasivă a energiei solare cu materiale cu schimbare de fază integrate. Elementul de fațadă, conform invenției, utilizează un sistem de preîncălzire a aerului cu ajutorul radiației solare, prin trecerea aerului aspirat prin niște perforații lobate ale colectorului solar tip placă de metal perforată, aerul fiind în general preluat din partea superioară a peretelui ventilat, datorită gradientilor de temperatură a aerului din cavități, asigurând astfel transferul optim convectiv între placă și aer, iar apoi va fi distribuit în clădire prin intermediul sistemului de ventilație, care poate fi folosit atât în perioadele reci ale anului, cât și în sezoanele intermediare, în condiții de vară, sistemul putând funcționa doar în timpul nopții pentru ventilație tip "free cooling", în timp ce, în timpul zilei, stratul de aer are un rol izolator, geometria de tip lobat având o formă simetrică, tip cruce cu lanțuri cu laturi rotunjite, aceste perforații fiind dispuse la 20 mm una față de cealaltă, intercalate, fiind orificii rotite cu 45° în jurul centrului de greutate al perforației, astfel, utilizarea perforațiilor lobate putând crește transferul de căldură între aerul aspirat și placa încălzită, iar orificiul este de tip cruce, cu laturi egale și o arie liberă care are diametrul echivalent de 5 mm, materialele cu schimbare de fază regăsindu-se în interiorul elementului de fațadă în bare de aluminiu umplute.

Revendicări: 1  
Figuri: 2

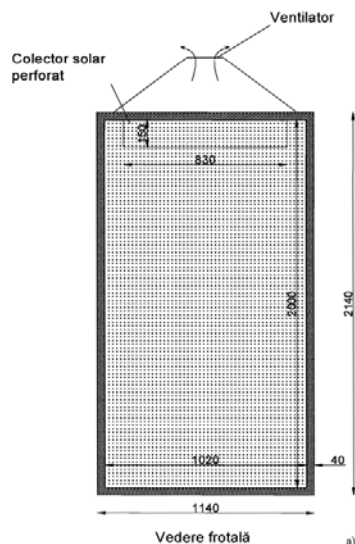


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## DESCRIERE

### a. Titlul:

„Element de fațadă ventilată pentru captarea pasivă a energiei solare cu materiale cu schimbare de faza integrate”

### b. precizarea domeniului de aplicare

Sistemul se referă la o soluție propusă pentru reducerea consumului de energie la nivelul clădirii, prin captarea pasivă a energiei solare și utilizarea acesteia pentru preîncălzirea aerului proaspăt introdus. Dispozitivul poate fi utilizat în sistemele de preîncălzire a aerului proaspăt necesar, atât în clădiri rezidențiale, cât și terțiare (aerul proaspăt trebuie tratat atunci când este introdus în clădiri, proces care poate implica un consumuri de energie și costuri suplimentare).

### c. precizarea stadiului cunoscut al tehnicii în domeniu, cu menționarea dezavantajelor soluțiilor tehnice cunoscute

Elementele perforate de anvelopă ventilată cu absorbție a radiației solare (sau colector solar) sunt realizate din placi de metal cu perforații, poziționate pe suprafața exterioară a pereților. Aerul este aspirat prin aceste perforații, încălzindu-se și transferând ulterior în clădire energia colectată de la soare.

Un astfel de element de anvelopă este fabricat dintr-un colector metalic cu perforații, plasat la câteva zeci de centimetri de peretele clădirii, creându-se astfel o cavitate. Placa metalică este încălzită de radiațiile solare, iar cu ajutorul unui ventilator se creează depresiune în cavitate, aerul fiind astfel aspirat prin perforații. Aerul este în general refulat din cavitate prin partea superioară a peretelui (datorită gradientului de temperatură din cavitate) asigurându-se astfel colectarea cât mai eficientă a energiei solare ce este apoi distribuită în clădire prin sistemul de ventilație.

Un astfel de dispozitiv cu perforații rotunde este comercializat de către fabricantul Conservall Engineering Inc. sub numele de Solarwall®. Această tehnologie a fost instalată în multiple locații din întreaga lume, performanța acestora fiind analizată în diferite studii: [1-9]. În prezent, toate dispozitivele existente pe piață prezintă perforații cu geometrie circulară, cu diametre variind între 2 și 6 mm.

Conform Arkar et al. [10] elementele de anvelopă cu inerție termică scăzută sunt din ce în ce mai întâlnite (în special în sectorul comercial și industrial), principalul dezavantaj fiind faptul că ele nu au posibilitatea de a stoca energia solara pe timpul iernii. Colectoarele solare perforate clasice au o inerție termică scăzută, iar în perioadele în care nu există radiație solară

temperatura aerului evacuat scade foarte rapid. O soluție pentru a crește aporturile de energie datorate radiației solare este utilizarea colectoarelor solare și a elementelor inerțiale ce pot stoca energia solară. Deși pentru eficiența unui perete Trombe, masa termică este esențială [11], iar tipul de material utilizat cu rol în mări inerția termică este foarte important, elementele inerțiale nu sunt foarte des implementate și în cazul colectoarelor solare perforate. Pentru a putea folosi energia solară în momentele în care este ea este necesară este foarte importantă acumularea acesteia în sisteme inerțiale [12]. Conform Navarro et al. [13] sistemele ce utilizează energia solară combinate cu elemente inerțiale sunt o alternativă foarte bună la sistemele clasice, integrarea materialelor cu schimbare de fază ce stochează căldură latentă având un impact mai mare față de materialele clasice.

Elementele inerțiale ce se pot utiliza pentru creșterea performanțelor acestuia pot fi materiale clasice ce stochează căldura sensibilă (piatră, cărămidă, beton, apă, granit, nisip, pământ) sau [14] materiale ce stochează căldura latentă [15], de tip materiale cu schimbare de fază, ce au capacitatea de a stoca o capacitate mai mare de energie termică față de materialele tradiționale [16-18].

Conform Alkilani et al. [19] colectoarele solare cu aer cu elemente inerțiale înglobate reprezintă una dintre cele mai eficiente metode de utilizare a energiei solare și poate avea mediul ce stochează energia integrat în sistem (în elementul absorbant sau perete) sau separat de sistem (în baterii de stocare). În momentul în care mediul este separat de sistem, căldura obținută poate fi folosită, de exemplu, direct pentru încălzirea spațiilor, iar surplusul poate fi stocat într-o "baterie" cu materiale inerțiale (beton, PCM, apă ș.a.). Dacă mediul ce stochează energia termică este integrat în colectorul solar, colectarea, stocarea și cedarea energiei către aer spre produce în același timp, iar în momentul în care radiația solara nu este suficientă, materialele cu inerție termică cedează căldura, eficientizând și prelungind durata de funcționare a colectorului. În cazul în care se implementează elemente de stocare a energiei în colectoare solare, capacitatea de colectare a energiei solare este mult îmbunătățită [20].

Conform literaturii [14, 19, 21-24] sistemele alcătuite din colectoare solare opace perforate și materiale cu schimbare de fază au fost foarte puțin studiate. În urma studiului bibliografic realizat, nu s-au identificat în literatura de specialitate studii referitoare la implementarea materialelor cu schimbare de fază pentru stocarea energiei în colectoare solare perforate utilizate ca perete exterior în anvelopa clădirii. Conform Nkwetta et al. [23] colectoarele solare cu perforații cu materiale cu schimbare de fază integrate au potențialul de a reduce consumurile de energie și de a stoca energia pentru utilizarea ei pe timpul serii, atunci când este nevoie de aceasta. De asemenea, implementarea materialelor cu schimbare de fază în

colectoare solare are potențialul de a mări eficiența globală a acestora, acumulând energia termică în perioadele când radiația solară este suficientă (pe timpul zilei) și cedand-o către aerul vehiculat atunci când radiația solară nu este disponibilă (atunci când se înnoouază sau pe timpul serii).

Având în vedere caracteristicile sistemelor existente la ora actuală (cu avantajele și dezavantajele acestora) fațadele solare perforate pot fi în continuare eficientizate prin creșterea transferului termic și a inerției termice. Dispozitivul inovator propus prezintă perforații lobate ce îmbunătățesc transferul termic dintre placa metalică și aerul vehiculat, perforații distribuite într-o anumită configurație pentru a asigura un maxim de transfer termic între placa de metal și aerul introdus. O schema generală a acestui tip de colector solar este ilustrată în Fig. 1a. Placa de metal perforată (Fig. 1b) este încălzită de către radiația solară, iar cu ajutorul unui ventilator se va crea presiune negativă în cavitatea de aer, aerul fiind forțat să treacă prin perforațiile plăcii.

Pe lângă utilizarea geometriilor lobate, o altă îmbunătățire adusă colectorului solar propus este implementarea materialelor cu schimbare de fază în interiorul cavității colectorului solar. Acestea sunt înglobate în bare rectangulare de aluminiu poziționate în mijlocul cavității colectorului solar, formând o șicană (Fig. 1c și Fig. 1d) ce forțează curgerea aerului mai întâi descendent până la partea inferioară a colectorului și mai apoi ascendent până la partea superioară a colectorului, zonă din care mai apoi este și evacuat din sistem. În acest mod, transferul termic dintre barele de aluminiu și aerul vehiculat este maximizat.

#### *d. problema tehnică care se rezolvă*

Studiile găsite în literatură conduc la câteva concluzii interesante: ( i ) o parte importantă a transferului de căldură dintre colectorul solar și aer are loc în timpul trecerii sale *prin* orificiile perforate [9], ( ii ) este de preferat ca aerul să aibă o curgere *non - uniformă* pe partea din spate a plăcii [4]. De asemenea, conform literaturii [13], pentru creșterea eficienței globale a colectoarelor solare perforate și pentru a capta cât mai multă energie solară, este esențială implementarea de materiale cu inerție termică ridicată ce pot stoca energia termică din aerul vehiculat în interiorul cavității colectorului. Prin integrarea materialelor cu schimbare de fază, energia solară stocată în perioadele în care radiația solară este disponibilă poate fi cedată aerului vehiculat în perioadele în care radiația solară nu este disponibilă, contribuind totodată la ameliorarea variațiilor de temperatură a aerului evacuat din colector.

Prezentul sistem va îmbunătăți transferul termic în timpul trecerii prin orificiile lobate, iar în spatele plăcii, datorită formei acestora, se vor crea vârtejuri specifice care vor crește și mai

mult acest transfer termic. De asemenea, acest sistem va îmbunătăți eficiența colectorului solar prin stocarea energiei solare în materiale cu capacitate mare de stocare a energiei, respectiv materiale cu schimbare de fază. Aerul va fi în general preluat din partea superioară a peretelui ventilat (datorită gradientilor de temperatură a aerului din cavitate) asigurând astfel transferul termic convectiv optim între placă și aer, iar apoi va fi distribuit în clădire prin intermediul sistemului de ventilație. În condiții de vară, sistemul poate funcționa doar în timpul nopții pentru ventilație tip "free cooling", în timp ce în timpul zilei stratul de aer are un rol izolator.

*e. prezentarea soluției tehnice, cu evidențierea elementelor de noutate*

Soluția propusă pentru recuperarea eficientă a energiei solare cu ajutorul fațadei ventilate constă în implementarea unei geometrii speciale a orificiilor pe suprafața de aspirație. Aceste geometrii sunt de tip lobat, dovedind avantaje semnificative [25-30]. Geometria de tip lobat are o formă axial simetrică, tip cruce, cu laturi egale rotunjite și o arie liberă ce are diametrul echivalent de 5mm. Aceste perforații sunt dispuse la 20 mm una față de cealaltă, fiind intercalate de orificii rotite cu 45° în jurul centrului de greutate al perforației (Fig. 2).

Dinamica complexă a curgerii de tip jet lobat generată de acest orificiu, asigură o rată de inducție mult mai mare decât în cazul jeturilor generate de geometria clasică a orificiilor, la aceeași suprafață liberă de refulare și același debit de aer aspirat. Inducția mărită are loc pe întreaga lungime axială a jetului. Pierderile de sarcină și nivelul de zgomot induse de acest tip de perforații sunt comparabile cu cele utilizate la sistemele clasice existente pe piață.

Soluția propusă pentru creșterea inerției termice a colectorului solar este reprezentată de implementarea materialelor cu capacitate mare de stocare a căldurii, materiale ce stochează căldură latentă, respectiv materiale cu schimbare de fază. Conform literaturii [31-35], materialul trebuie ales astfel încât temperatura de schimbare de fază să fie apropiată de valoarea temperaturii medii din cavitatea colectorului solar. Materialul cu schimbare de fază utilizat este RT35 de la Rubitherm (material organic de tip parafină), iar proprietățile acestuia sunt prezentate în tabelul de mai jos. Principalele avantaje ale acestui material sunt: stabilitate în timp, valori ridicate ale căldurii latente de schimbare de fază, compatibile cu materialele de construcții, inofensive (nu sunt toxice) și reciclabile 100%.

Tab. 1 - Proprietatile materialelor cu schimbare de faza utilizate [36]

| Caracteristica        | Valoare | Unitate |
|-----------------------|---------|---------|
| Interval topire       | 29-36   | °C      |
| Interval solidificare | 36-31   | °C      |

|   |            |        |
|---|------------|--------|
| Capacitate de stocare a caldurii (26-41°C)<br>±7,5% | 160        | kJ/kg  |
|   | 45         | Wh/kg  |
| Caldura specifica                                   | 2          | kJ/kgK |
| Densitate solid (la 15°C)                           | 0.86       | kg/l   |
| Densitate lichid (la 45°C)                          | 0.77       | kg/l   |
| Conductivitate termica                              | 0.2        | W/mK   |
| Creșterea volumului                                 | 12.5       | %      |
| Temperatura maximă de operare                       | 65         | °C     |
| Durată de viață                                     | nelimitată | -      |

Principalul dezavantaj al materialelor cu schimbare de fază organice este conductivitatea termică redusă (aproximativ 0.2 W/mK pentru parafină) [37]. Există foarte multe strategii ce pot fi utilizate pentru a îmbunătăți transferul termic: utilizarea materialelor cu conductivitate termică ridicată (grafit, aluminiu, matrici de cupru, particule metalice, fibre de carbon), utilizarea structurilor metalice pentru macroîncapsulare (sfere metalice, inele metalice, aripioare metalice în interiorul sau în exteriorul cavității, tuburi rectangulare sau cilindrice) și utilizarea recipientelor metalice pentru microîncapsulare.

Conform Iten și Liu [38] pentru a alege recipientul optim pentru diferite aplicații este important să cunoaștem: detaliile despre aplicație și spațiul disponibil, condițiile la limită și materialele aferente. Aceiași autori menționează faptul că recipientele metalice sunt cele mai utilizate în scopul de a spori conductivitatea termică (în special aluminiul, cuprul și oțelul) și, de asemenea, recipientele rectangulare sunt cele mai des utilizate datorită construcției facile și densității mari de stocare a materialului (până la 90% din volumul total). Totodată, acestea sunt foarte ușor de montat și încadrat în spațiul disponibil.

Pe lângă geometrie și materialul din care este confecționat, un alt aspect important al recipientului metalic cu materiale cu schimbare de fază este poziția acestuia față de verticală ce poate avea un rol determinant în ceea ce privește transferul termic, aceasta influențând convecția naturală în cavitatea creată [39, 40].

Așadar, ținând cont de precizările anterioare, sistemul propus prezintă materiale cu schimbare de fază integrate (macroîncapsulate) în recipiente rectangulare de aluminiu amplasate vertical. În acest mod, spațiul destinat materialului inerțial este ocupat în totalitate, transferul termic se produce foarte rapid, iar transferul termic convectiv în interiorul barelor de aluminiu este îmbunătățit.

Pentru a spori transferul termic dintre barele rectangulare de aluminiu umplute cu materiale cu schimbare de fază, acestea sunt amplasate în interiorul cavității pentru a crea o șicană ce forțează curgerea aerului mai întâi descendent, iar mai apoi ascendent (Fig. 1c).

Elementul de anvelopa inovator propus funcționează astfel: pe timpul zilei (atunci când există radiație solară) aerul exterior este aspirat în cavitatea colectorului solar fiind încălzit de către placa metalică absorbantă ce captează radiația solară. Odată pătruns prin orificiile lobate, aerul încălzit va urma traiectoria descendentă către partea de jos a colectorului cedând căldură către materialele cu schimbare de fază. Materialele cu schimbare de fază, aflate inițial în stare solidă, încep să stocheze căldură sensibilă până la atingerea temperaturii de schimbare de fază când vor stoca căldură latentă de schimbare de fază și își vor schimba starea de agregare din solid în lichid. Aerul vehiculat în cavitate își va urma traiectoria trecând de șicana formată de barele de aluminiu, apoi va avea o curgere ascendentă datorită depresiunii create de către ventilatorul colectorului, iar ulterior va fi evacuat către instalația HVAC a clădirii sau direct în interiorul încăperilor. În acest mod, colectorul solar poate contribui la încălzirea aerului interior sau preîncălzirea aerului proaspăt introdus, necesar din condiții igienico-sanitare. În momentul în care radiația solară nu mai este disponibilă (perioada scurtă cu nori sau lasarea serii) căldura stocată în materialele cu schimbare de fază este cedată către aerul vehiculat, acestea din urmă începând să se solidifice. În acest mod, implementarea elementelor inerțiale contribuie la ameliorarea variațiilor de temperatură ale aerului evacuat din colector, precum și la îmbunătățirea eficienței acestuia.

*f. prezentarea unuia sau mai multor exemple concrete de realizare, cu referire la figurile din desenele explicative, în cazul în care sunt și desene.*

Implementarea acestui nou tip de fațadă ventilată se poate realiza ca în figura amintită (Fig. 1a). Aspirația aerului se va face cu ajutorul unui ventilator poziționat în partea superioară, facilitând introducerea în încăperea a aerului pre-încălzit. Aerul va fi apoi introdus în clădire cu ajutorul unei grile de refulare și distribuit în încăperea. Debitul de aspirație este calculat în funcție de viteza recomandată per orificiu, conform literaturii.

*g. prezentarea avantajelor rezultate*

Principalul avantaj al acestui sistem este transferul de căldură îmbunătățit dintre placa metalică încălzită de radiația solară și debitul de aer aspirat, putând fi folosit ca sistem de pre-tratare a aerului proaspăt, îndeosebi în clădirile cu destinație industrială. Mai mult decât atât, avantajul acestui sistem inovator este acela că fațada ventilată va funcționa un timp mai îndelungat datorită materialelor inerțiale integrate.

**Referințe:**

1. Arulanandam, S.J., K.G.T. Hollands, and E. Brundrett, *A CFD heat transfer analysis of the transpired solar collector under no-wind conditions*. *Solar Energy*, 1999. **67**(1–3): p. 93-100.
2. Belusko, M., W. Saman, and F. Bruno, *Performance of jet impingement in unglazed air collectors*. *Solar Energy*, 2008. **82**(5): p. 389-398.
3. Chan, H.-Y., S.B. Riffat, and J. Zhu, *Review of passive solar heating and cooling technologies*. *Renewable and Sustainable Energy REviews*, 2010. **14**(2): p. 781-789.
4. Gunnewiek, L.H., E. Brundrett, and K.G.T. Hollands, *Flow distribution in unglazed transpired plate solar air heaters of large area*. *Solar Energy*, 1996. **58**(4–6): p. 227-237.
5. Gunnewiek, L.H., K.G.T. Hollands, and E. Brundrett, *Effect of wind on flow distribution in unglazed transpired-plate collectors*. *Solar Energy*, 2002. **72**(4): p. 317-325.
6. Hollick, J.C., *Unglazed solar wall air heaters*. *Renewable Energy*, 1994. **5**(1–4): p. 415-421.
7. Kumar, S. and S.C. Mullick, *Wind heat transfer coefficient in solar collectors in outdoor conditions*. *Solar Energy*, 2010. **84**(6): p. 956-963.
8. Sopian, K., et al., *Performance of a non-metallic unglazed solar water heater with integrated storage system*. *Renewable Energy*, 2004. **29**(9): p. 1421-1430.
9. Van Decker, G.W.E., K.G.T. Hollands, and A.P. Brunger, *Heat-exchange relations for unglazed transpired solar collectors with circular holes on a square or triangular pitch*. *Solar Energy*, 2001. **71**(1): p. 33-45.
10. Arkar, C., et al., *Performance analysis of a solar air heating system with latent heat storage in a lightweight building*. *Applied Thermal Engineering*, 2016. **95**: p. 281-287.
11. Hami, K., B. Draoui, and O. Hami, *The thermal performances of a solar wall*. *Energy*, 2012. **39**(1): p. 11-16.
12. Kisilewicz, T., *Glazed building wall as a solar thermal collector*. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 2009. **9**(1): p. 83-99.
13. Navarro, L., et al., *Experimental study of an active slab with PCM coupled to a solar air collector for heating purposes*. *Energy and Buildings*, 2016. **128**: p. 12-21.
14. Shukla, A., et al., *A state of art review on the performance of transpired solar collector*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012. **16**(6): p. 3975-3985.
15. Goyal, R.K., G.N. Tiwari, and H.P. Garg, *Effect of thermal storage on the performance of an air collector: A periodic analysis*. *Energy Conversion and Management*, 1998. **39**(3–4): p. 193-202.
16. Kuznik, F., J. Virgone, and K. Johannes, *In-situ study of thermal comfort enhancement in a renovated building equipped with phase change material wallboard*. *Renewable Energy*, 2011. **36**(5): p. 1458-1462.
17. Navarro, L., et al., *Thermal energy storage in building integrated thermal systems: A review. Part 1. active storage systems*. *Renewable Energy*, 2016. **88**: p. 526-547.
18. Navarro, L., et al., *Thermal energy storage in building integrated thermal systems: A review. Part 2. Integration as passive system*. *Renewable Energy*, 2016. **85**: p. 1334-1356.
19. Alkilani, M.M., et al., *Review of solar air collectors with thermal storage units*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011. **15**(3): p. 1476-1490.
20. Gao, L., H. Bai, and S. Mao, *Potential application of glazed transpired collectors to space heating in cold climates*. *Energy Conversion and Management*, 2014. **77**: p. 690-699.
21. Zhang, T., et al., *The application of air layers in building envelopes: A review*. *Applied Energy*, 2016. **165**: p. 707-734.
22. Bruno, F., *USING PHASE CHANGE MATERIALS (PCMs) FOR SPACE HEATING AND COOLING IN BUILDINGS*, in *AIRAH performance enhanced buildings environmentally sustainable design conference*. 2005.
23. Nkwetta, D.N. and F. Haghghat, *Thermal energy storage with phase change material—A state-of-the art review*. *Sustainable Cities and Society*, 2014. **10**: p. 87-100.



24. Tyagi, V.V. and D. Buddhi, *PCM thermal storage in buildings: A state of art*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007. **11**(6): p. 1146-1166.
25. Bode, F., A. Meslem, and C. Croitoru, *Numerical simulation of a very low Reynolds cross-shaped jet*. Mechanics, 2013. **19**(5): p. 512-517.
26. C. Croitoru, F.B., I. Nastase *Influence of longitudinal vortices on heat transfer for airflow passing through an innovative solar facade*. Mathematical Modelling of Civil Engineering, 2013. **December**.
27. CROITORU C., N., I., BODE, F., MESLEM A. . *Innovative solar facade implementation in low energy buildings in Indoor Air 2014*. 2014. Hong Kong.
28. Florin BODE, I.N., Cristiana CROITORU, *RANS models comparison for a cross-shaped jet flow with straight lobes*. Mathematical Modelling in Civil Engineering, 2012. **8**(4): p. 14-20.
29. Meslem, A., et al., *Comparison of turbulence models in simulating jet flow from a cross-shaped orifice*. European Journal of Mechanics-B/Fluids, 2014. **44**: p. 100-120.
30. Meslem, A., et al., *Flow dynamics and mass transfer in impinging circular jet at low Reynolds number. Comparison of convergent and orifice nozzles*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2013. **67**: p. 25-45.
31. Pomianowski, M., P. Heiselberg, and Y. Zhang, *Review of thermal energy storage technologies based on PCM application in buildings*. Energy and Buildings, 2013. **67**: p. 56-69.
32. Heier, J., C. Bales, and V. Martin, *Combining thermal energy storage with buildings – a review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **42**: p. 1305-1325.
33. Memon, S.A., *Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014. **31**: p. 870-906.
34. Khadiran, T., et al., *Advanced energy storage materials for building applications and their thermal performance characterization: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. **57**: p. 916-928.
35. Soares, N., et al., *Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency*. Energy and Buildings, 2013. **59**: p. 82-103.
36. Rubitherm. [cited 2017; Available from: [https://www.rubitherm.eu/media/products/datasheets/Techdata - RT35 EN 31052016.PDF](https://www.rubitherm.eu/media/products/datasheets/Techdata_RT35_EN_31052016.PDF).
37. Zhou, D., C.Y. Zhao, and Y. Tian, *Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications*. Applied Energy, 2012. **92**: p. 593-605.
38. Iten, M. and S. Liu, *A work procedure of utilising PCMs as thermal storage systems based on air-TES systems*. Energy Conversion and Management, 2014. **77**(Supplement C): p. 608-627.
39. Bairi, A., E. Zarco-Pernia, and J.M. García de María, *A review on natural convection in enclosures for engineering applications. The particular case of the parallelogrammic diode cavity*. Applied Thermal Engineering, 2014. **63**(1): p. 304-322.
40. Korti, A.I.N. and F.Z. Tlemsani, *Experimental investigation of latent heat storage in a coil in PCM storage unit*. Journal of Energy Storage, 2016. **5**(Supplement C): p. 177-186.

## REVENDICĂRI

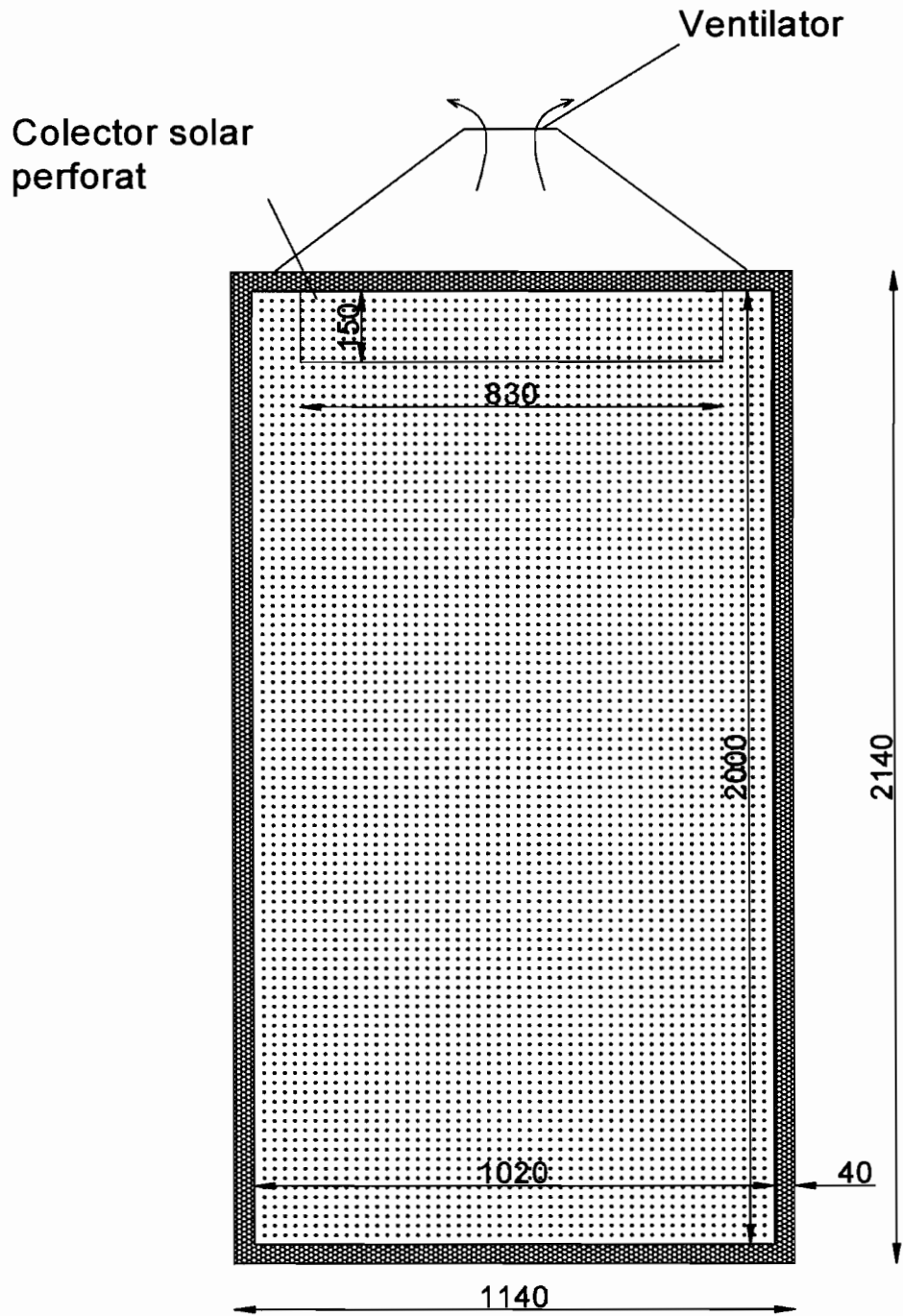
Utilizarea unui sistem de preîncălzire a aerului cu ajutorul radiației solare, prin trecerea aerului aspirat prin perforațiile lobate dispuse ca în Fig. 2.

Aerul va fi în general preluat din partea superioară a peretelui ventilat (datorită gradientilor de temperatură a aerului din cavitate) asigurând astfel transferul optim convectiv între placă și aer, iar apoi va fi distribuit în clădire prin intermediul sistemului de ventilație. Acest sistem poate fi folosit atât în perioadele reci ale anului, cât și în sezoanele intermediare. În condiții de vară, sistemul poate funcționa doar în timpul nopții pentru ventilație tip "free cooling", în timp ce în timpul zilei stratul de aer are un rol izolator.

Geometria de tip lobat are o formă axial simetrică, tip cruce cu laturi egale rotunjite. Aceste perforații sunt dispuse la 20 mm una față de cealaltă, intercalate fiind de orificii rotite cu  $45^\circ$  în jurul centrului de greutate al perforației (Fig. 2).

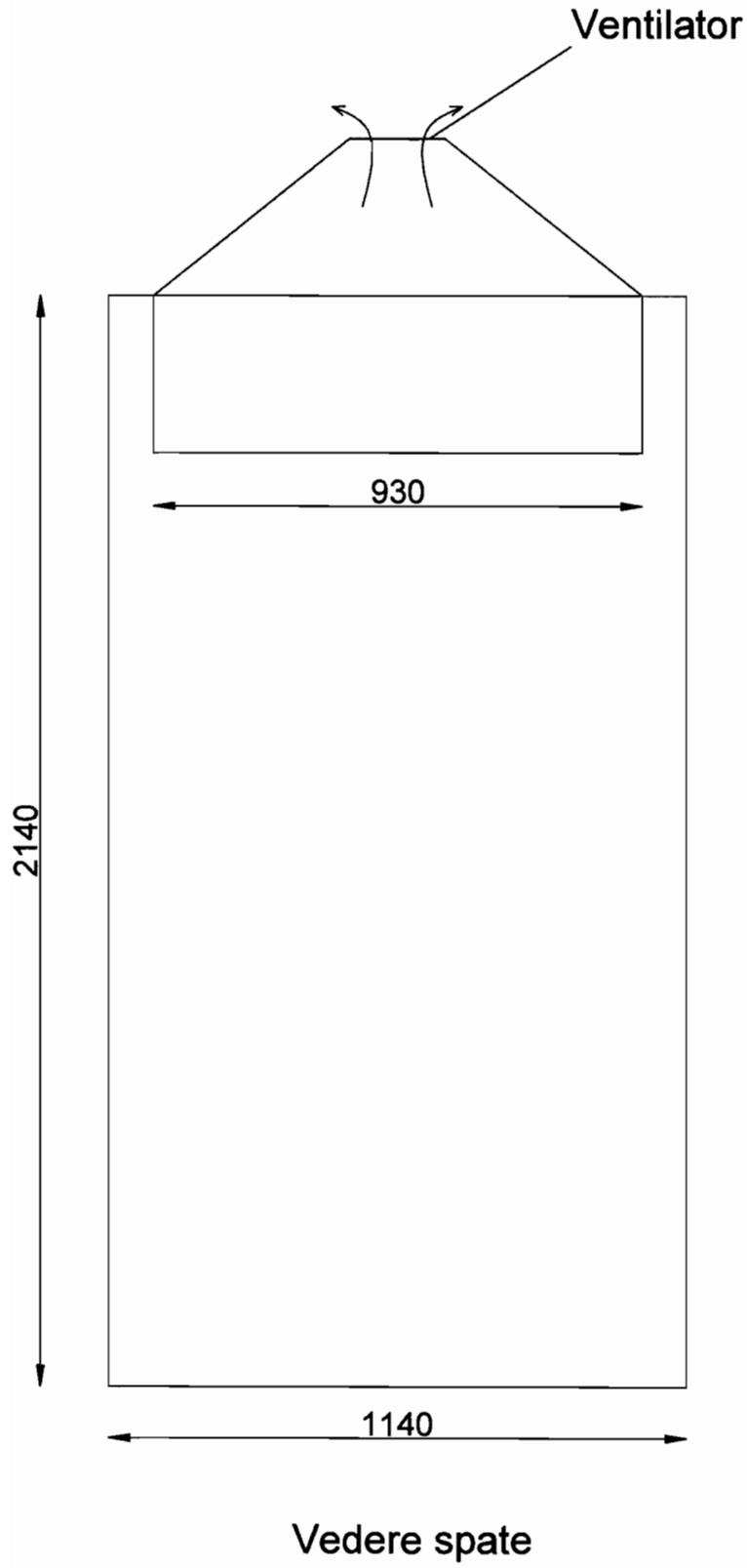
Unul dintre elementele de noutate este utilizarea perforațiilor lobate care pot crește transferul de căldură între aerul aspirat și placa încălzită. Orificiul este de tip cruce, cu laturi egale, și o arie liberă ce are diametrul echivalent de 5mm (Fig 2).

DESENE:

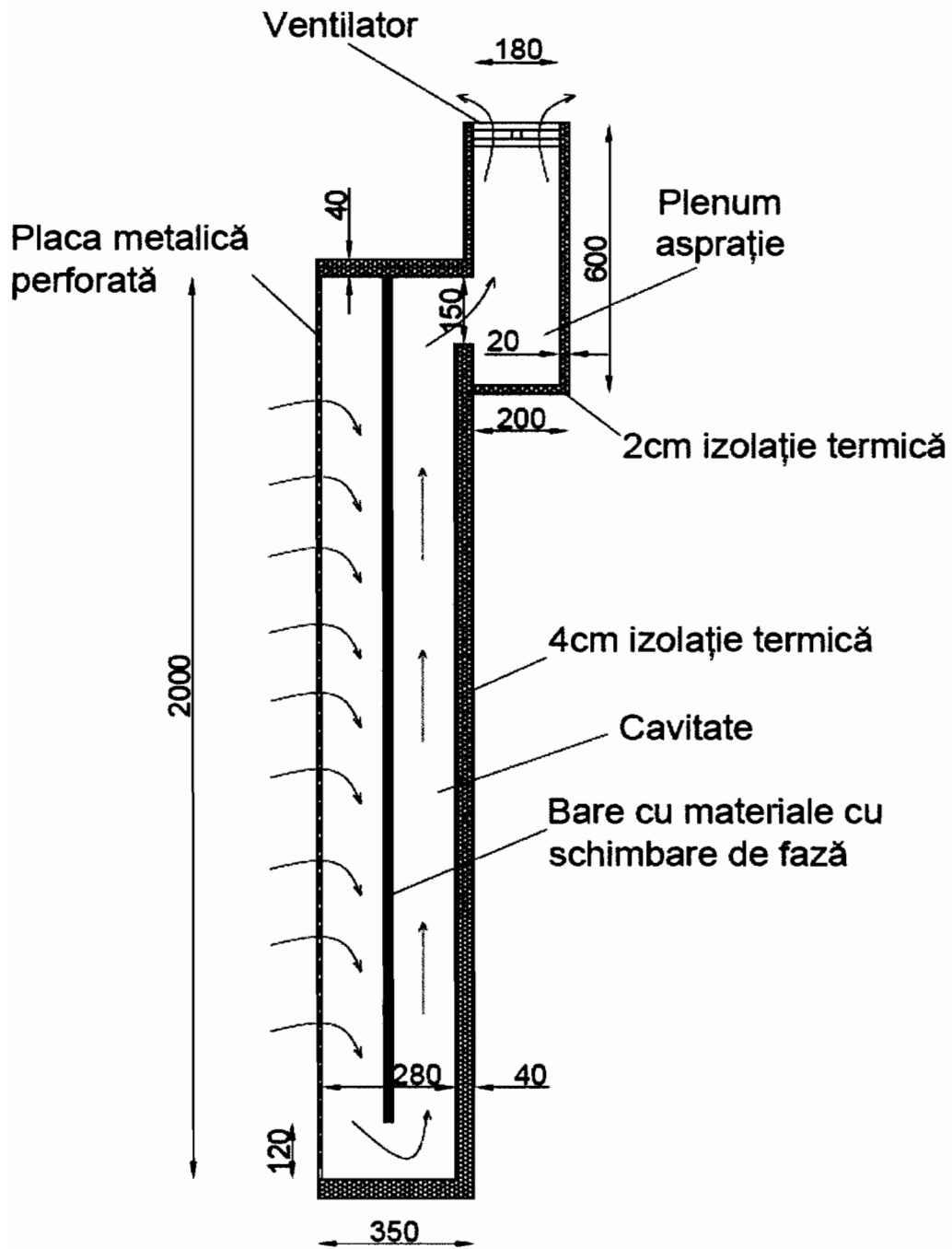


Vedere frontală

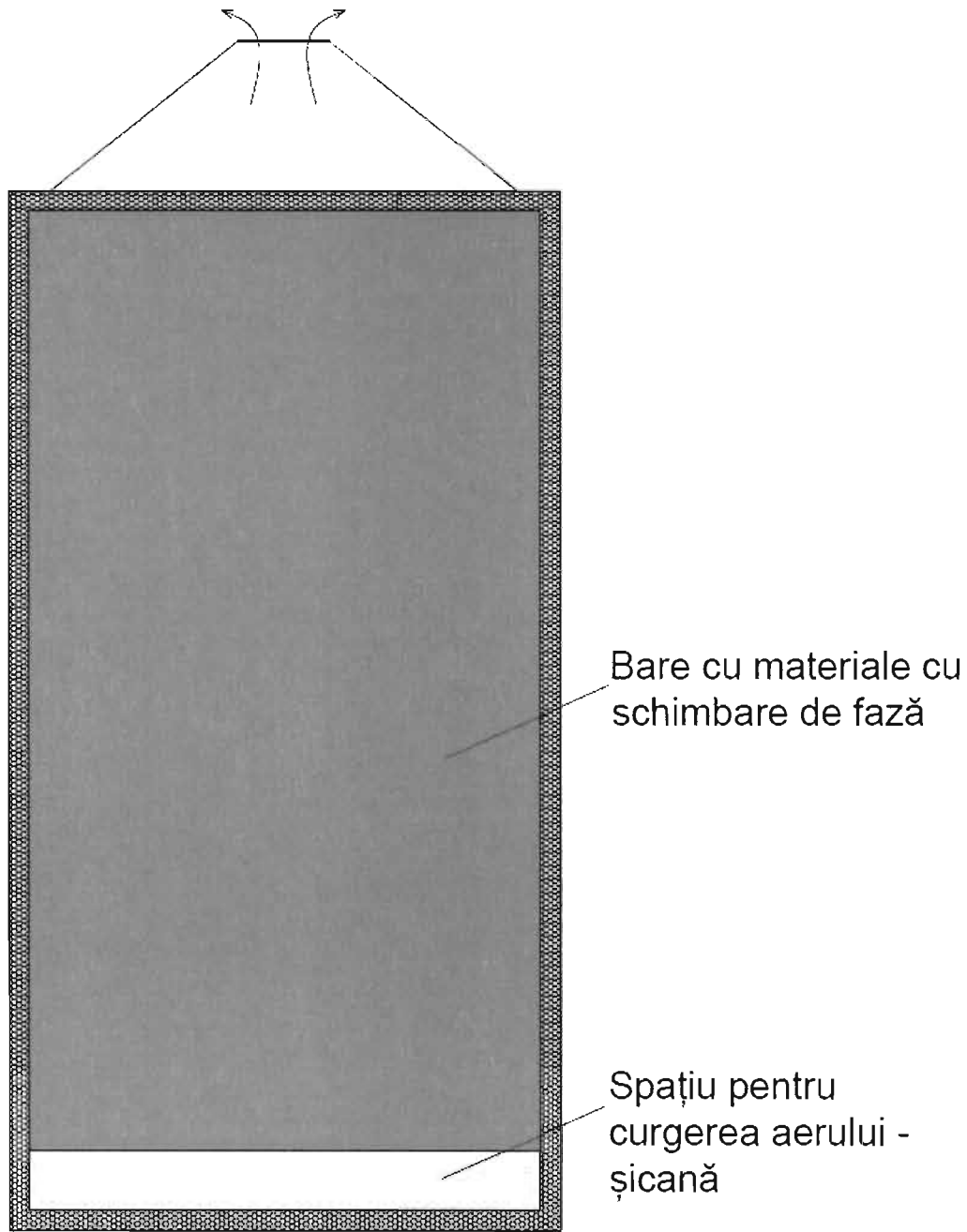
a)



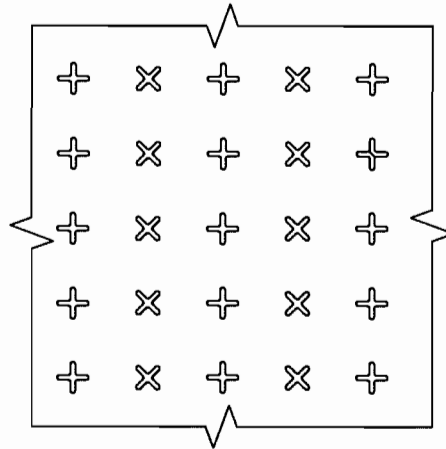
b)



c)



d)



e)

Fig.1 – Schema generală a sistemului de tip perete ventilat perforat: a) vedere frontală; b) vedere din spate; c) și d) secțiuni prin elementul de anvelopă; e) detaliu placă de metal cu perforații lobate

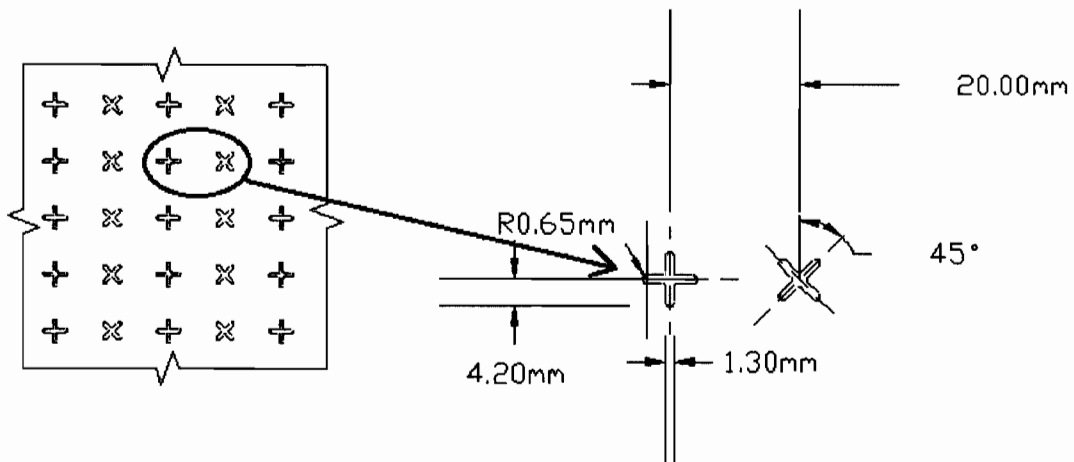


Fig.2 – Detaliu de dispunere și elementele constructive ale perforațiilor lobate pe placa de metal