



**Program cofinanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională**

**Programul Operațional Competitivitate 2014 - 2020**

**Apel: POC/71/1/4/Parteneriate pentru transfer de cunoștințe (Knowledge Transfer Partnership)**

**Axa Prioritară 1 - Cercetare, dezvoltare tehnologică și inovare în sprijinul competitivității economice și dezvoltării afacerilor**

**Acțiune 1.2.3: Parteneriate pentru transfer de cunoștințe (Knowledge Transfer Partnership)**

**Cod MySMIS: 105524, ID: P\_40\_295**

**Beneficiar: UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI**

## **PRODUSE ȘI TEHNOLOGII ECOINOVATOARE PENTRU EFICIENȚĂ ENERGETICĂ ÎN CONSTRUCȚII «EFECON»**

Director de proiect/Project manager,

Prof. univ. dr. ing. Dorina-Nicolina ISOPESCU

### **“RAPORT PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA PERFORMANȚEI ENERGETICE A PRODUSELOR ACTUALE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚIILE CIVILE, INDUSTRIALE ȘI AGRICOLE”**

#### **Echipa de lucru:**

Conf. univ. dr.ing. Oprisan G.- coordonator/responsabil

s.l.dr.ing. Entuc I.S.; s.l. dr.ing. Covatariu D.; s.l. dr.ing. Pruteanu M.;

s.l. dr.ing. Dumitrescu L.; s.l. dr.ing. Cozmanciuc R.; as. univ.arh.dr. Corduban C.

as.cerc. dr.ing. Maxineasa S.G.                      as. cerc. drd.ing. Zapodeanu I.

# CUPRINS

PRODUSE ȘI TEHNOLOGII ECOINOVATOARE PENTRU EFICIENȚĂ ENERGETICĂ ÎN CONSTRUCȚII ....	1
«EFECON» .....	1
“Raport privind îmbunătățirea performanței energetice a produselor actuale utilizate în construcțiile civile, industriale și agricole” .....	1
1.    Introducere .....	4
2.    Ce înseamnă îmbunătățirea performanțelor energetice .....	4
3.    Produse actuale în construcții civile, industriale și agricole .....	6
4.    Software dedicat creșterii performanței energetice a clădirilor vechi/noi .....	30
5.    Aparatură și teste de laborator .....	33
6.    Concluzii și discuții .....	35
Bibliografie .....	36

## 1. INTRODUCERE

Una dintre cele mai eficiente metode de **reducere a consumului de energie** este îmbunătățirea performanțelor termice ale anvelopei clădirii. Performanța termică este aplicabilă tuturor clădirilor încălzite, adică clădirilor comerciale, industriale/agricole și rezidențiale.

**Performanța energetică** depinde de o serie de factori ce țin de proiectarea inițială a construcției: cum ar fi eficiența termică a anvelopei, lumina naturală și instalațiile care deserveșc clădirea. În figura de mai jos sunt prezentați factorii care influențează emisiile de CO<sub>2</sub> la o construcție:

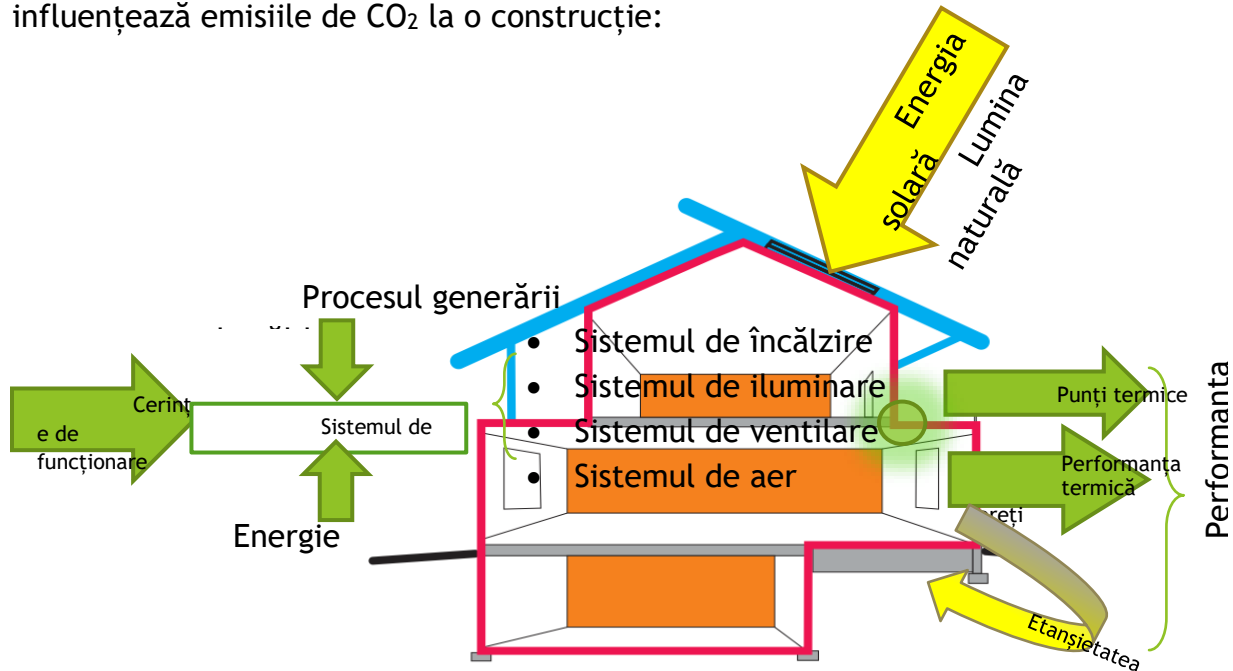


Figura 1.1 Factorii care influențează emisiile de CO<sub>2</sub> la o construcție ([http://www.steelconstruction.info/Thermal\\_performance](http://www.steelconstruction.info/Thermal_performance))

Performanța termică a anvelopei clădirii, este o funcție a patru caracteristici:

- ✓ **Valorile coeficienților de transfer termic U** și performanța termică a elementelor plane, (Perete, acoperișuri, ferestre);
- ✓ **Punțile termice** sau pierderile locale de căldură care pot apărea în jurul elementelor plane sau liniare;
- ✓ **Etanșeitatea la aer** - sau circulația aerului prin anvelopă;
- ✓ **Lumina naturală** care pătrunde în clădire prin luminatoare/ferestre.

## 2. CE ÎNSEAMNĂ ÎMBUNĂTĂȚIREA PERFORMANȚELOR ENERGETICE

În sectorul construcțiilor sunt utilizate cantități importante de materii prime și energie, în acest domeniu fiind consumate la nivel mondial aproximativ 60% din

materialele extrase din litosferă (Bribian et. al, 2011). Pe teritoriul Europei, sectorul construcțiilor este responsabil pentru 40% din consumul total de energie, în același timp având un aport de peste 36% în stabilirea volumului total de gaze cu efect de seră (Saez de Guinoa et. al., 2017, European Commission, 2013). Ținându-se cont de volumul important de efecte ecologice negative ale acestui sector economic, la nivelul Uniunii Europene au fost ratificate o serie de directive, precum Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EU (European Commission, 2010) and the Energy Efficiency Directive 2012/27/EU (European Union, 2012), care trebuie implementate până în anul 2020, cu scopul de a fi satisfăcut obiectivul general cu privire la îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor existente și cel legat de realizarea de noi construcții al căror consum de energie este aproape nul.

Performanțele energetice și termice ale unei clădiri sunt direct influențate de valorile termice de proiectare, în special de conductivitatea termică ( $\lambda$ ) a materialelor cu rol de izolare termică utilizate. În Tabelul 2.1 este prezentată o comparație între valorile  $\lambda$  pentru diferite materiale izolatoare utilizate în sectorul construcțiilor, prezente în normativul românesc C 107-2005 și standardul european SR EN ISO 10456:2008.

**Tabel 2.1** Coeficientul de conductivitate termică

Material	Conductivitate $\lambda$ W/(m·k)	
	C 107-2005	SR EN ISO 10456:2008
Vată minerală	0,042-0,050	0,030-0,050
Polistiren expandat	0,032-0,053	0,044
Polistiren extrudat	0,025-0,040	0,044
Poliuretan	celular 0,042	spumă 0,022-0,030
Spumă fenolică	-	0,025-0,032
Spume de policlorură de vinil (PVC)	0,05	-
Sticlă celulară	0,075-0,14	0,035-0,055
Plăci termoizolante din talaș (C 107) Panouri din vată de lemn (ISO 10456)	0,13-0,14	0,070-0,090
Plăci din paie	0,05-0,14	-

### 3. PRODUSE ACTUALE ÎN CONSTRUCȚII CIVILE, INDUSTRIALE ȘI AGRICOLE

#### 3.1. CU APLICAȚII LA ANVELOPĂ

##### MATERIALE DE CONSTRUCȚIE TERMOIZOLATOARE

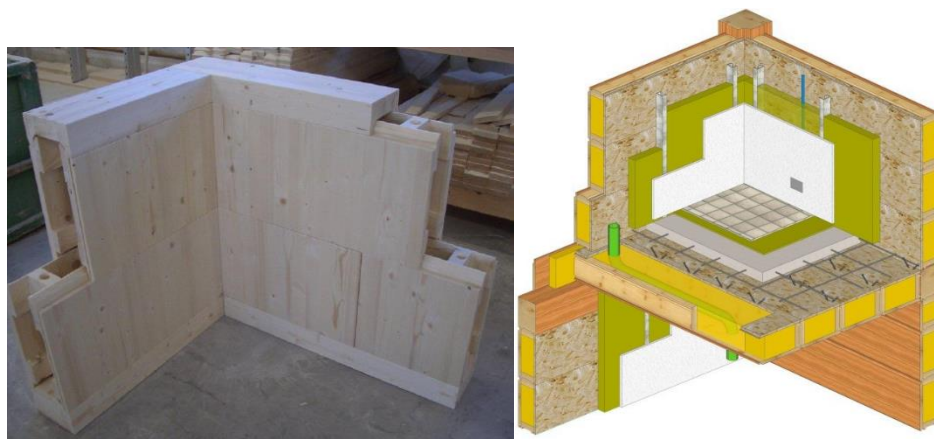
Pentru a face un studiu comparativ între materiale de izolare termică, trebuie identificați parametrii utilizați pentru măsurarea și compararea calității soluțiilor de izolare termică. Cei mai importanți, după care se poate face și o ierarhizare, îi reprezintă conductivitatea termică ( $\lambda$ ) și rezistența termică (R).

Evaluarea unei soluții de izolare termică presupune luarea în considerare a tuturor elementelor soluției, cum ar fi și: rezistența la foc, tehnologia de montaj, durabilitatea și, nu în ultimul rând, prețul fiecărui material propus spre analiză.

##### ELEMENTE STRUCTURALE PREFABRICATE - TIP PANOU SANDVIȘ

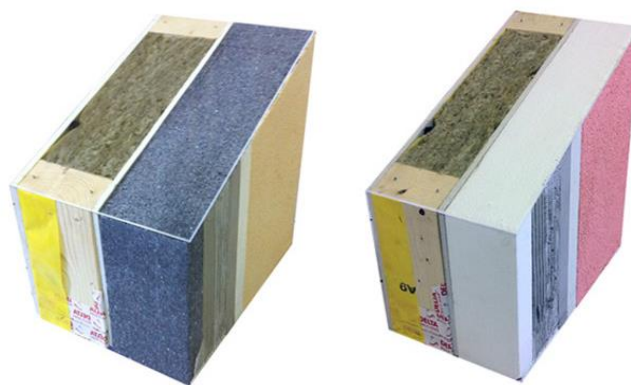
Elementele structurale de tip perete, planșeu sau acoperiș pot fi realizate din panouri prefabricate care să satisfacă atât condiții de rezistență și stabilitate cât și un confort termic și fonic necesar în funcție de destinația clădirii.

**Sistemul tip Stek** este un sistem modular logic din lemn, bazat pe ultimele tehnologii, care întrunește cele mai mari standarde pentru stabilitate, siguranță la seism, durabilitate, confort și flexibilitate în design.



**Figura 3.1** Panouri sandviș realizate din lemn și miez termoizolant (pentru planșee și pereți)  
LIGNUM K <http://www.infobuild.it/prodotti/stek-pannello-isolante/>:

Un alt tip de perete cu coeficient termic foarte bun (utilizat în special la construcția unei case pasive) este **panoul Energiehome** realizat din panouri prefabricate pe structură de lemn tip framing, aplicabil la nivel de perete, planșeu și acoperiș.



a.

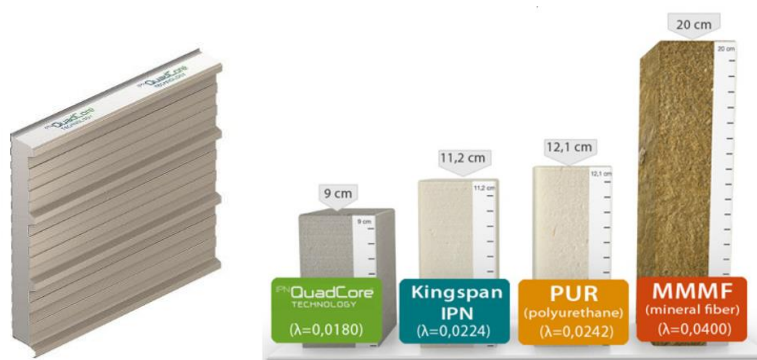
b.

**Figura 3.3** Panouri sandwich Energiehome pentru pereți

a.  $U=0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; b.  $U=0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

[http://energiehome.eu/en/energiehome\\_syste/house-structure-de](http://energiehome.eu/en/energiehome_syste/house-structure-de)

În cadrul sistemelor **sandviș de la Kingspan** s-a dezvoltat panoul KS1000RW160 cu cea mai eficientă izolare termică pentru acoperiș, având grosimea miezului izolator de 160mm și o transmitanță termică,  $U=0,137 \text{ (W}/\text{m}^2\cdot\text{K})$ , respectiv  $U=0,111 \text{ (W}/\text{m}^2\cdot\text{K})$  pentru panourile IPN, respectiv QuadCore. Pe lângă proprietăți termice deosebite, rezistență la foc de 30 minute și greutate redusă de  $14,74 \text{ kg}/\text{m}^2$ , panoul KS1000RW160 poate fi folosit în domeniul rezidențial sau în cel industrial printr-o instalare simplă și rapidă.



**Figura 3.4** Sisteme prefabricate izolatoare Kingspan

a. Panou sandviș eficient; b. Grosimi echivalente ale materialelor termoizolante hibride pentru  $U=0,20 \text{ (W}/\text{m}^2\cdot\text{K})$

<http://panouri.kingspan.ro>

## ELEMENTE TERMOIZOLANTE STRUCTURALE PREFABRICATE - TIP BLOC

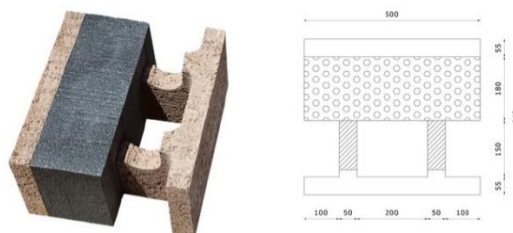
În cadrul acestor elemente prefabricate de tip bloc termoizolant se urmărește pe lângă performanța termică a elementului de anvelopa și tehnologia de punere în operă și durabilitatea și stabilitatea produselor. **Blocul din aşchii de lemn mineralizate** în proporție de 80% (realizat de francezii de la **Thermibloc**), este un produs prefabricat în care se încorporează diferite tipuri de materiale termoizolatoare, de la polistiren expandat și grafitat, la vată minerală bazaltică.

Blocurile de construcție **Thermibloc** (au o lățime maximă de 38cm, înălțime de 25cm și lungime de 100 cm (cu patru blocuri se poate realiza 1 mp de perete), mărimea blocurilor asigurând o viteză de construcție cu câteva zeci de procente mai mare ca la celelalte).

Blocurile prefabricate **Isotex** reprezintă un sistem asemănător blocurilor Thermibloc. Isotex sunt lideri europeni în producția de blocuri structurale din aşchii de lemn mixate cu ciment, realizate și certificate la standardele CE. Blocurile Isotex cu cel mai bun coeficient termic au grosimea de 44 cm. Înglobarea unui strat de 18 cm de polistiren grafitat, conduce la un coeficient termic de 0,17.



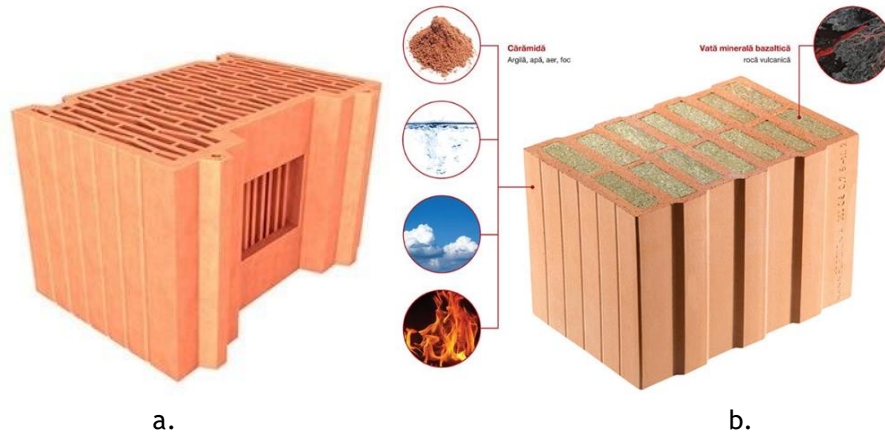
**Figura 3.6** Blocuri termoizolante Thermibloc  
<http://www.thermibloc.fr/>



**Figura 3.7** Blocurile prefabricate Isotex  
<https://www.blocchiisotex.com/>

**Blocurile ceramice Porotherm**, cu locaș de mortar, de la Wienerberger, cu o lățime de 38cm se folosesc la realizarea pereților structurali și nestructurali din zidărie și asigurând o conductivitate termică,  $\lambda$ , foarte bună de 0,14 W/mK. Conform datelor din fișa tehnică cărămida Porotherm 38sth, oferă cea mai bună conductivitate termică, comparativ cu blocurile ceramice disponibile pe piața românească. Datorită configurației speciale a pereților ceramici ce asigură un traseu elaborat al fluxului de căldură, produsul are o performanță termică foarte bună. Amprenta din rostul vertical de mortar, îmbunătățește comportarea zidăriei la acțiuni seismice.





**Figura 3.8** Blocuri ceramice Porotherm [<http://wienerberger.ro>]  
a. Porotherm 38sth; b. Porotherm 36,5 TermoPlus

Alte tipuri de blocuri ceramice cu performanțe termice superioare, fabricate în România, care pot fi folosite la realizarea pereților structurali sau nestructurali, sunt cele de la Cemacom (**cărămizile Evoceramic**), cu o grosime de 44 cm și un coeficient termic declarat de 0.139, care nu necesită un strat suplimentar de izolare termică. Un alt exemplu de cărămizi cu goluri verticale sunt cărămizile Brikston BKS 38, care au un coeficient termic de doar 0,163.

<p><b>Figura 3.10</b> Blocuri ceramice Klimabloc și panouri Redbloc  <a href="http://www.redbloccsystems.com">http://www.redbloccsystems.com</a></p>	<p><b>Figura 3.11</b> Blocuri ceramice cu polistiren grafitat integrat  <b>TermoKappa</b> cu polistiren grafitat de la Neopor și conductivitate termică de 0,24. <b>Poroton</b> cu polistiren grafitat cu un coeficient de 0,174</p>

**Blocuri de zidărie din beton celular autoclavizat (BCA)** sunt produse poroase, cu proprietăți de izolare termică mai bună față de blocurile ceramice. Blocurile din BCA, tip MEGATERM produse de CELCO, au un coeficient de transfer termic 0,08 W/mK.

Un alt mare producător de BCA este **Elpreco** care realizează o gamă de produse cu proprietăți termice foarte bune. Blocurile de tip IZOPOR, au o conductivitate termică de doar 0,1 W/mK, asigurând un nivel superior de izolare termică. Blocurile de zidărie



IBloc 50 de la YTONG sunt de asemenea produse cu performante termice superioare. De asemenea, acest producător mai comercializează și blocul de tip YTONG A+ cu un indice de transfer termic de doar 0,09.



**Figura 3.14** Blocuri BCA

- a. BCA IZOPOR, conductivitate termică 0,1 (W/m°K)
- b. bloc BCA YTONG A+, conductivitate termică 0,09 (W/m°K)

### COFRAJE PREFABRICATE TERMOIZOLATOARE

Alte produse performante din punct de vedere termic sunt cofrajele prefabricate termoizolatoare de tip Isolated Concrete Forms (ICF). La realizarea acestora se folosesc forme din polistiren expandat simplu sau grafitat în care se toarnă beton. Unele dintre cele mai utilizate sisteme ICF sunt Quad-Lock, Nudura, Fox Blocks, Isoshell, Amvic.



**Figura 3.15** Cofraj termoizolant, sistem Amvic  
[http://www.amvic.ro/img\\_pliant/a.jpg](http://www.amvic.ro/img_pliant/a.jpg)

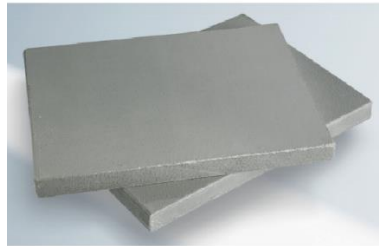
### PLACAJE / PANELURI TERMOIZOLATOARE

La realizarea elementelor de anvelopă, se pot utiliza plăci termoizolatoare din lemn și celuloză. Un exemplu este reprezentat de plăcile de la Homatherm, care au un coeficient de conductivitate echivalent cu al polistirenului expandat de 0,039.

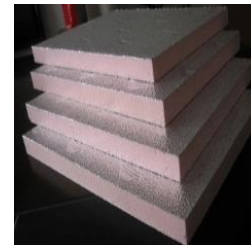


**Figura 3.16** Plăci Homatherm, din lemn și celuloză, aplicate la planșee și pereți  
<http://www.homatherm.com/produkte/flexcl/>

Plăcile termoizolatoare Calostat, fabricate de Evonik din dioxid de silicon, au un coeficient de conductivitate termică de 0,019. Un alt tip de panou termoizolant, este reprezentat de **Phenotherm**, obținut dintr-un derivat de bachelită cu o conductivitate termică de 0,017-0,018.



a.



b.

**Figura 3.17** Placi termoizolatoare

a. Calostat, <http://www.calostat.com/product/calostat/en/Pages/default.aspx>

b. Phenotherm, <http://www.mahalaxmicorp.com/products.php>

Dezvoltarea tehnologiei în domeniul materialelor de construcții a condus la fabricarea plăcilor de polistiren cu adaos de grafit (PAG). Coeficient termic al acestor produse este cu 20% mai bun, în comparație cu plăcile de polistiren expandat simple. Proprietățile superioare ale plăcilor de tip PAG au condus la o creștere a ofertei în România, astfel mai mulți producători și-au diversificat oferta. De exemplu, producătorul Austrotherm comercializează polistiren grafitat cu un coeficient de conductivitate termică 0,032. Panourile Greydur produse de Lape au un coeficient de conductivitate termică de 0,030 fiind în același timp cu 20% mai rezistent comparativ cu polistirenul extrudat. Aceeași valoare a coeficientului de conductivitate termică este întâlnită și în cazul panourilor Sto-Polystyrol-Hartschaumplatte produse de către STO, producătorul oferind în același timp și alte soluții ecologice de termoizolare cum ar fi panourile din fibre lemnoase.



**Figura 3.22** Polistiren grafitat Greydur  
[http://www.edilportale.com/prodotti/lape-hd/panello-termoisolante-in-eps-con-grafite/greydur\\_216550.html](http://www.edilportale.com/prodotti/lape-hd/panello-termoisolante-in-eps-con-grafite/greydur_216550.html)

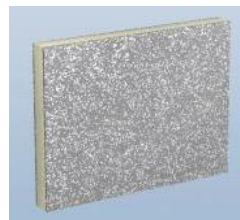


**Figura 3.23** Panou Sto-Polystyrol-Hartschaumplatte produs de STO  
<http://www.sto.ro/ro/produse/sto-polystyrol-hartschaumplatte-top-100/167-65-103>

Cea mai utilizată soluție de termoizolare în țara noastră este cea a polistirenului simplu expandat. Coeficientul de conductivitate termică a acestui material se situează între valorile de 0,032 și 0,039. Compania Rockwool produce plăcile termoizolante Aerowoole create dintr-un material sintetic poros ultra ușor, derivat al unui gel, în care componenta lichidă a gelului a fost înlocuită cu un gaz și vată din roca bazaltică, rezultând un panou cu o conductivitate de doar 0,019.

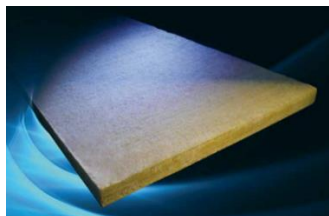


**Figura 3.26** Polistiren extrudat  
<http://www.deconstruct.ro/polistiren-extrudat-polistiren-expandat/>

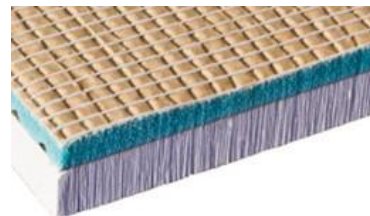


**Figura 3.27** Plăci termoizolante hibride Dalmatiner-Fassadendämmplatte S 024  
<http://www.caparol.ro/produse/fatade-si-sisteme-de-termoizolatie/placi-termoizolante/placi-de-izolatie-din-polistiren-expandat-cu-miez-din-poliuretan/>

În cazul în care este necesară atât izolarea termică, cât și acustică, se pot utiliza panouri compozite INSULGIPS. Acestea sunt realizate din fețe de gips carton și miez din diferite materiale termoizolante (polistiren expandat, vată minerală etc.).



**Figura 3.28** Panou termoizolant Aerowoole  
<http://www.rockwool.co.uk/globalassets/rockwool-master/downloads/broschueren/aussenwand/aerorockid.pdf>



**Figura 3.29** Panou INSULGIPS  
<https://www.impresedili.it/isolamento-termoacustico-con-il-cartongesso-la-proposta-insulgips-di-isolatec.html>

O altă variantă a panourilor compozite a fost realizată prin înlocuirea fețelor din gips carton cu fețe realizate din fibre de lemn, miezul panoului fiind realizat dintr-un material termoizolant.



Figura 3.30 Panouri compozite realizate cu fețe din fibre de lemn  
<http://www.celenit.ro>

### PANOURI SANDVIȘ CU MIEZ DIN SPUMĂ POLIURETANICĂ / POLISTIREN / VATĂ MINERALĂ ȘI FEȚE METALICE

Panourile sandviș de la Metecno sunt realizate cu fețe metalice și miez din vată minerală bazaltică sau spumă poliuretanică în diferite grosimi în funcție de cerințele termice ale spațiului construit și cele de rezistență și stabilitate necesare structurilor.

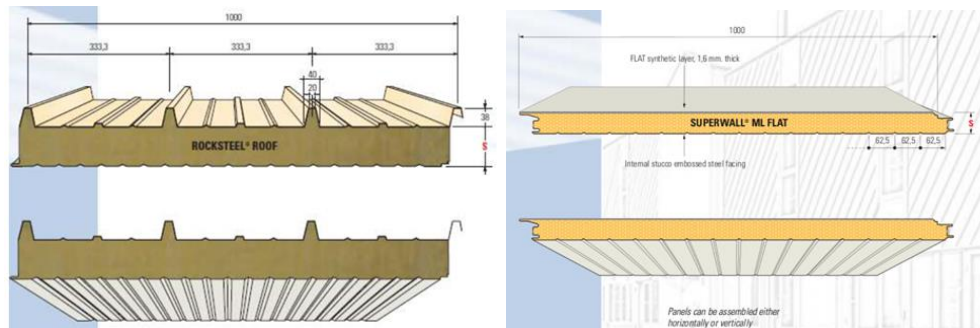
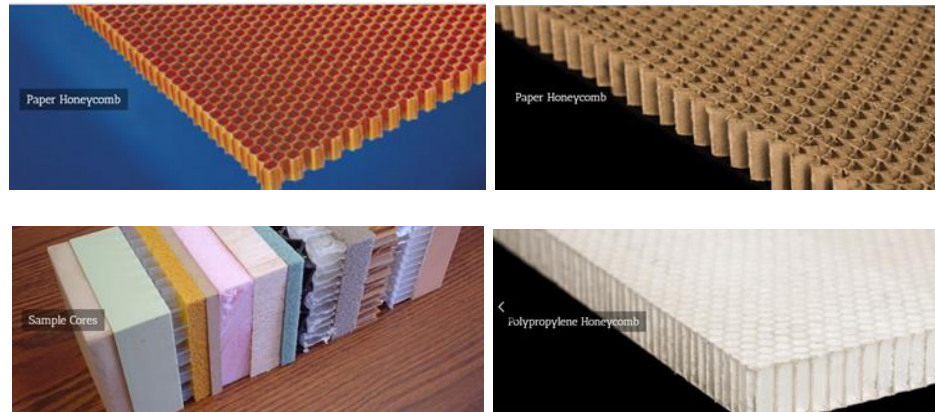


Figura 3.31 Panouri sandviș cu fețe metalice, Metecno  
<http://www.metecno.com/Product/>

### Panouri sandviș cu miez celular sau continuu din polipropilenă

Greutatea redusă, durabilitatea, stabilitatea dimensională, performanțele termice, capacitate portantă dar și costurile produselor finale sunt criteriile după care s-au dezvoltat aceste produse realizate din cel puțin trei straturi (două exterioare, fețele, și un strat interior, miezul), realizate în diverse combinații, fețe metalice sau din materiale compozite polimerice armate cu fibre, miez continuu sau de tip fagure.



**Figura 3.32** Panouri compozite CPT  
<http://www.cptpanels.com/testimonials/>

Alte materiale care pot fi utilizate pentru izolarea termică a pereților exteriori, a mansardei și acoperișului sunt **vata minerală bazaltică și vata minerală de sticlă** fabricate sub diferite forme. Sistemul de fațadă Frontrock MAX E Dual Density cu vată minerală bazaltică de la Rockwool are o conductivitate termică de 0,036 și o rezistență termică de 3,30 la o grosime de 120mm. **Vata minerală de sticlă** poate fi utilizată la termoizolarea fațadelor ventilate dar și a mansardelor având un coeficient termic de 0,035.



**Figura 3.33** Produse din vata minerală bazaltică  
 a. saltele lamelare; b. plăci; c. sistem de fațadă Frontrock MAX E Dual Density  
<http://www.bandatech.ro/>, [http://www.rockwool.ro/files/RW-EN/Downloads/Brochures/Pliant%20Frontrock%20MAX%20E\\_RO.pdf](http://www.rockwool.ro/files/RW-EN/Downloads/Brochures/Pliant%20Frontrock%20MAX%20E_RO.pdf)

De asemenea, un alt produs termoizolant care poate fi folosit la izolarea termică și fonică atât a caselor pe structură din lemn cât și a celor cu pereți din zidărie de cărămidă este izolația din lână, obținută din fibre de lână naturale, spălate și tratate, și fibre din poliester.





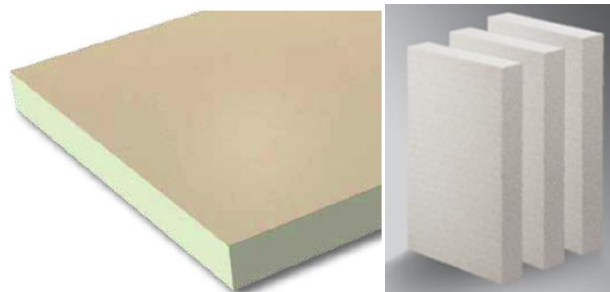
**Figura 3.34** Produse din vata minerală de sticlă



**Figura 3.35** Produse izolatoare din lână

<http://greenly.ro/deseuri/izolatie-din-lana-de-oaie-un-material-unic>  
<http://www.constructiicaseecologice.ro>

Panourile din spumă rigidă de poliizocianurat sunt casetate pe ambele fete, cu un înveliș de protecție la vapori, au o conductivitate termică de 0.028, valoare pentru panourile de exterior și o conductivitate de 0,022 pentru panourile de interior. Pentru izolația termică exterioară, se pot utiliza și plăcile minerale izolatoare Multipor de la YTONG, cu o durată de viață de 50 de ani și o conductivitate termică de 0,045, la o grosime de 125 mm valoarea rezistenței termice este 2.78, cât a unui perete exterior.



a.

b.

**Figura 3.36** Panouri termoizolatoare

a. Stiferite GT; b. placile minerale izolatoare Multipor

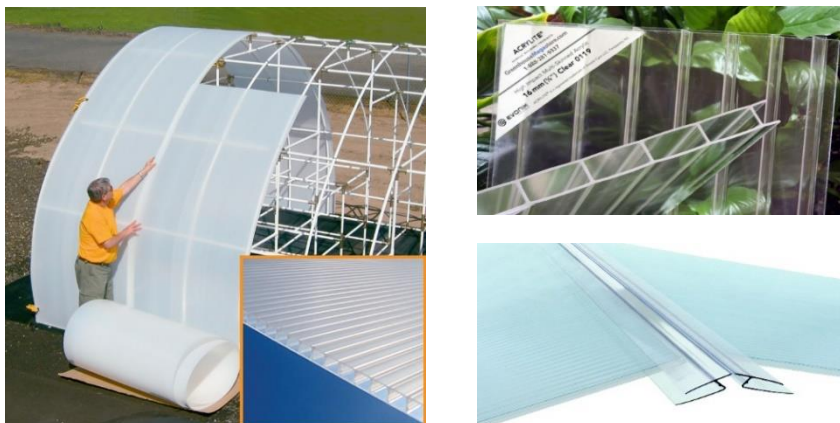
[http://www.spatiuconstruit.ro/documentatie-tehnica/panou-termoizolant-din-spuma-rigida-de-poliizocianurat-pir-stiferite-ai4-object\\_id=58905](http://www.spatiuconstruit.ro/documentatie-tehnica/panou-termoizolant-din-spuma-rigida-de-poliizocianurat-pir-stiferite-ai4-object_id=58905); [http://www.stiferite.com/ENG/wall\\_cavity.html](http://www.stiferite.com/ENG/wall_cavity.html)

Plăcile de termoizolare cu vacuum Optim-R de la Kingspan, sunt sisteme performante de izolare termică utilizate pe scară mai largă la izolarea frigiderelor/congelatoarelor, având un coeficient de conductivitate termică de doar 0.007, și o grosime cuprinsă între 20 și 60 mm, sunt soluția ideală pentru locațiile care nu permit utilizarea altor materiale de termoizolare.

### 3.1.1. SISTEME DE TERMOIZOLARE EXTERIOARĂ

Sistemele de închidere perimetrală dar și în planul acoperișurilor utilizate la

construcțiile agricole sunt alcătuite din panouri din policarbonat.



**Figura 3.38** Sisteme de închide perimetrală utilizate la sere  
(<http://www.greenhousemegastore.com/product/acrylite-acrylic-panel-16mm-clear>)

**Tabel 3.1** Specificațiile tehnice pentru închideri la construcții agricole de tip seră

Model	Textura	Culoare	Grosime (mm):	Rezistența la tracțiune (MPa):	Conduct. termica (W/mK)	Temp. deformare termica (°C)	Rost dilatație (mm):	Transmisie lumina (%):
Policarbonat celular	Lucios	clar	8	> 50	3.4	-30...+130)	15	88
Acrylite	Lucios	clar	16	>69	0.49	-34...+105	-	86 83 după 10 ani

### 3.1.2. SISTEME DE TERMOIZOLARE LA INTERIOR

#### IZOLAȚIA TERMICĂ MULTIPOR

Termoizolarea la interior reprezintă o soluție de îmbunătățire a confortului termic doar când izolarea termică exterioară nu se poate realiza din următoarele cauze: fațada nu poate fi modificată (ex. poate avea valoare istorică); asociația de locatari a unui imobil nu a ajuns la o înțelegere cu toți proprietarii; procesul de autorizare a anvelopării exterioare este de durată mare; se dorește o expertizare structurală exterioară cu urmărirea în timp a deschiderii fisurilor. Deoarece limita normală a umidității este între 50-60% este foarte important ca reabilitarea termică interioară să se realizeze cu materiale care permite peretelui să respire. Ca exemplu s-au ales plăcile minerale Multipor, care lucrează ca un regulator de umiditate, având și caracteristici de prevenire a mușcăiului și a ciupercilor.





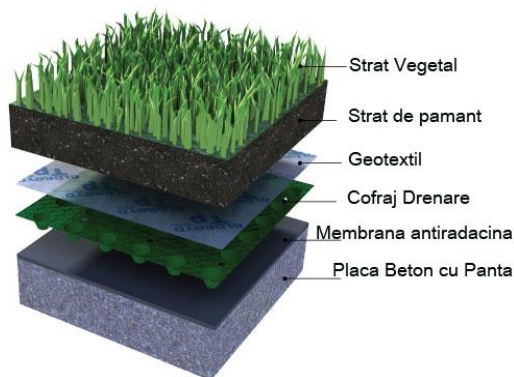
**Figura 3.39** Succesiunea straturilor la prinderea plăcilor Multipor pe interior  
[https://www.multipor.ro/ro/docs/Multipor\\_Interioare.pdf](https://www.multipor.ro/ro/docs/Multipor_Interioare.pdf)

## IZOLAȚIA TERMICĂ STYRONIT

Styronit este un mortar pe bază de perlit expandat, cu proprietăți termice ce îl recomandă pentru utilizarea la izolarea elementelor de anvelopă. Materialele din gama Styronit sunt materiale naturale, cu adaos de ciment minim, mai mic de 2 - 3 %, și o conductivitate termică  $\lambda$ , 0,062 (W/mK)

### 3.1.3. ACOPERIȘURI VERZI

Mai jos este prezentată stratificarea unui sistem de „acoperiș verde”.



**Figura 3.41** Terasă de tip acoperiș verde  
<http://www.hidroset.ro/terasa-gradina.html>

## EFICIENȚA ENERGETICĂ ȘI REDUCEREA EMISIILOR DE CO<sub>2</sub>

Potențialul pentru optimizarea eficienței termice și reducerea efectului de seră este mai mare la nivelul acoperișului decât la orice altă componentă a învelitorii unei clădiri. Acoperișurile plane termoizolate convenționale, terasele compacte, absorb radiația solară și se încălzesc repede, aspect care conduce în sezonul cald la un consum energetic ridicat la nivelul clădirii prin sisteme mecanice de ventilare. Acoperișurile "verzi" aduc beneficii atât la nivelul clădirilor la care sunt implementate, cât și la nivelul microclimatului local (Living Roofs and Walls Technical Report, 2008).

### 3.1.4. FAȚADE VERZI

Fațadele verzi reprezintă o formă prin care natura este introdusă în context urban, în locuri neașteptate, reprezentând nu doar o formă de îmbunătățire a performanțelor energetice ale unei clădiri, dar și o soluție pentru reabilitare în spirit ecologic a imaginii orașului, în special la nivelul calcanelor din centrele vechi.

Fațadele "verzi" tradiționale sunt cele acoperite cu plante agățătoare, care se prind fie de structura peretelui, fie prin intermediul unor structuri adiționale, atașate de perete, care funcționează ca suport pentru plante. Grădinile verzi verticale reprezintă o inovație a ultimelor două decenii, datorate lui Patrick Blanc, artist, doctor și cercetător științific în botanică francez, care a dezvoltat un sistem original, ce permite realizarea unor aranjamente vegetale complexe pe pereții clădirilor. Principiul pus în operă de Patrick Blanc se bazează pe capacitatea rădăcinilor de a crește nu doar într-un volum, ci și pe o suprafață, fiind înlocuit suportul pământului cu un strat din pâslă, într-un sistem constructiv care reduce considerabil greutatea fațadei, permițând în același timp realizarea unei imagini cu deosebite valențe arhitecturale, (Baran I., Bliuc I., 2011).

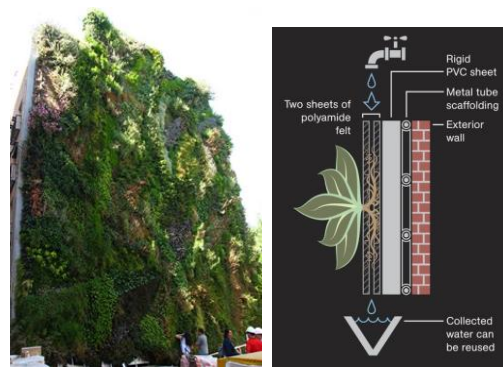
Patrick Blanc a avut o implicare directă în realizarea unora dintre cele mai spectaculoase grădini verticale executate în ultimii ani, de la prima soluție de acest fel, realizată în 1988 pentru Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris, la Ambasadă Franței din New Delhi (2003), Caixa Forum, Madrid (2007), Galeriile Lafayette, Berlin (2008), până la cea mai spectaculoasă operă, complexul rezidențial cu înălțimea de 117 m, Central Park, Sidney, (2014).

În ceea ce privește eficiența energetică, un studiu recent, realizat la Universitatea din Sheffield a indicat îmbunătățirea performanțelor prin utilizarea unei fațade acoperite cu iederă cățărătoare, care poate reduce viteza vântului prin rezistența coronamentului, diminuând astfel infiltrarea aerului rece și pierderile de

căldură prin convecție și reducând în final consumul de energie pentru încălzirea clădirii, (Cameron et. al., 2015). Studiul a relevat o îmbunătățire a eficienței termice pentru sezonul rece cu 21 până la 37%, în funcție de variația sezonieră a foliajului. Este bine documentat efectul de răcire în sezonul cald, pe care îl asigură fațadele verzi, proces legat în principal de efectul de umbră și fenomenul de eporație-transpirație a vegetației și într-o măsură mai mică de grosimea foliajului. Astfel, fluctuațiile de temperatură diurnă, măsurate pe suprafața peretelui sunt reduse de la 10-60°C la 5-30°C, (Newton et. al., 2007). O fațadă acoperită cu vegetație este protejată de radiația solară, care este absorbită sau reflectată de aceasta, cu 40 până la 80%, în funcție de desimea foliajului (Ministry of Economy Baden-Wurttemberg, 2008).



**Figura 3.43** Ruben at the Palace Hotel, Londra, formă de reabilitare urbană a unui calcan printr-o fațadă verde (<http://www.architecturalrecord.com/articles/11762-continuing-education-green-walls>)



**Figura 3.44** Perete grădină vertical, Caixa Forum, Madrid, 2007, fațadă, detaliu de alcătuire (<https://www.murvegetalpatrickblanc.com/realisations/madrid/caixa-forum-madrid>, <https://www.pinterest.com/explore/patrick-blanc/>)



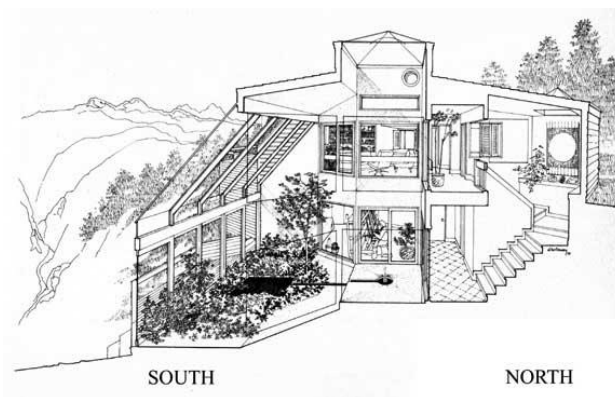
**Figura 3.45.** Termografie indicând temperaturi mult mai reduse la nivelul fațadei verzi decât în zonele fără vegetație (<http://www.biotope-city.net/article/resilience-cityscapes>)

Un beneficiu important asigurat de fațadele verzi este reducerea nivelului de zgomot ambiental, care, în funcție de soluția adoptată, poate fi de la 5 până la 40 dB (Dunnett și Kingsbury, 2004). Fațadele verzi reduc nivelul de dioxid de carbon, atât la nivel urban, cât și la nivelul clădirii, studiile arătând o diminuare semnificativă a poluării aerului (atât a concentrațiilor de gaze cu efect de seră, cât și a microparticulelor aeriene) în zona învecinată pereților verzi (Yamada, 2008).

### 3.1.5. FAȚADE VITRATE

#### PERFORMANȚE TERMICE ALE STICLEI

În arhitectura contemporană, nici un alt material nu se bucură de o atenție mai mare ca sticla, care concretizează evoluția de la peretele opac la fațada perfect transparentă, ce asigură comunicarea perfectă cu mediul înconjurător, permițând luminii și naturii să pătrundă în spațiul interior. Material folosit la construcții încă din antichitate, sticla a evoluat prin sistemele automate de fabricare (Henry Bessemer, 1848), geamurile termoizolante (Thomas Stetson, 1865 și înregistrarea brand-ului Thermopane, 1941), dezvoltarea vitrajelor securizate (Saint Gobain, 1929), dezvoltarea sticlei flotante (float glass, Pilkington process, 1955). Pentru evitarea efectului de supra-încălzire, soluția inovativă aparține arhitectului Le Corbusier, prin "brise-soleil"-urile inspirate de construcțiile marocane (mashrabya), implementate prima dată la imobilul de locuințe colective Clarté din Geneva (1932-1933), (Schittich et. al., 1999). Eficiența termică sporită apare odată cu dezvoltarea sistemului cu dublu vitraj, la sfârșitul anilor 1970, în urma nevoilor de eficiență energetică generate de primele două șocuri petroliere. Sistemul a continuat să fie dezvoltat și ca urmare a preocupărilor legate de sustenabilitate din ultimii 20 de ani, cu performanțe mereu îmbunătățite prin inovație, (Gallauziaux, Fedullo, 2011).



**Figura 3.46** Principii pentru o locuință solară pasivă  
(<http://www.dennishollowayarchitect.com/simpledesignmethodology.html>)

Sticla permite implementarea sistemelor "pasive" de captare a energiei solare, pentru încălzirea spațiilor interioare pe timp de iarnă, prin "efectul de seră", model dezvoltat de încă din anii 1930, replicat în arhitectură la scară largă în anii 1960 și 1970. Radiația solară care intră prin ferestre este transformată în căldură în interiorul clădirii, și contribuie astfel la încălzire. Acest principiu are multe avantaje, în special, sursa de energie este gratuită și ecologică. din punct de vedere al fluxului termic, aportul de căldură prin radiație solară ajunge la valori de  $500 \text{ W/m}^2$ , față de pierderile prin convecție care sunt de  $120 \text{ W/m}^2$ , rezultând un bilanț energetic pozitiv, (Schittich et. al., 1999)

### FAȚADE „DOUBLE-SKIN”

Sistemele „double skin” sunt fațade ventilate cu apareiaj din sticlă, reprezentând unul din cele mai eficiente ansambluri transparente din punct de vedere energetic. Acest sistem dinamic, compus din 2 straturi de sticlă, cu un spațiu liber între ele, asigură o protecție termică sporită, atât în sezonul cald (prin integrarea elementelor de protecție solară și efectul de tunel), cât și în sezonul rece, asigurând simultan o protecție sporită la vânt și reducerea fluctuațiilor termice în spațiul interior care apare la clădirile cu fațade cortină. De la prima implementare, în 1980 la Chemical Center din Niagara Falls, fațadele „double skin” au cunoscut o aplicare tot mai largă, atât în zone climatice aride cât și reci, prin contribuțiile semnificative ale unor arhitecți precum Richard Rogers sau Herzog & de Meuron (Schittich et. al., 1999).



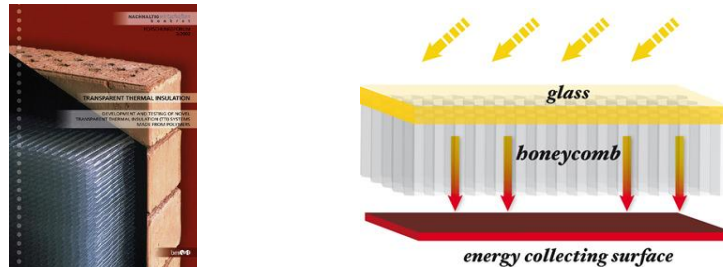
Figura 3.48 Schematizare a sistemului double-skin

(<http://archinect.com/brittanydrapac/project/dichroic-curtain-wall>)



## TERMOIZOLAȚIA TRANSPARENTĂ

În timp ce soluțiile clasice de izolare termică opacă nu lasă să treacă radiația solară, la un sistem cu izolație termică translucidă, o mare parte din radiație este valorificată (până la 70%) și transformată în aport de căldură. Sistemul se bazează în cele mai multe cazuri pe un sistem de tuburi orizontale care conduc fasciculul de lumină către o zonă închisă la culoare, cu un grad de absorbție ridicat, la partea exterioară a peretelui, (Schittich et. al., 1999).

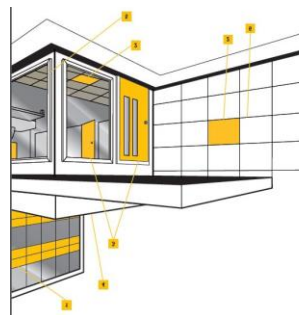


**Figura 3.51** Termoizolație transparentă, alcătuire, principiu de funcționare

<https://nachhaltigwirtschaften.at/en/publications/forschungsforum/transparent-thermal-insulation.php>; <http://www.tigisolar.com/how-it-works.html>).

### 3.1.6. SISTEME TIP SANDVIȘ PENTRU PEREȚI, UȘI ȘI PARDOSELI

Sistemul de acoperiș bazat pe panouri sandviș cu cea mai eficientă de izolare termică a firmei Kingspan utilizat la acoperișuri cu panta mai mare de 7% - 10% și elementele de închidere cu dispunere verticală și orizontală a panourilor este prezentat. Panoul se distinge prin confortul termic oferit, miezul izolator cu grosimea de 160 mm este disponibil în două variante FIREsafe: IPN,  $U=0,137$  ( $W/m^2 \cdot K$ ); QuadCore,  $U=0,111$  ( $W/m^2 \cdot K$ ). Principalele elemente structurale sau nestructurale care utilizează structuri sandviș sunt schematizate mai jos.



**Figura 3.54** Structuri sandviș folosite la: 1. Panouri de izolare acustică și termică a clădirii; 2. Panouri decorative; 3. Panouri de ușă; 4. Panouri pentru acoperiș; 5. Elemente de asamblare (rame); 6. Panouri pentru sigilare (Sandwich panels-Building for future Sika Catalog, 2017)

### 3.1.7. METAMATERIALE PENTRU IZOLARE TERMICĂ

Metamaterialele sunt materiale dezvoltate de către om prin procese ingineresti cu proprietăți speciale ce nu pot fi regăsite în rândul materialelor naturale. O dezvoltare recentă a acestor materiale este utilizarea cu scopul de a controla fluxul termic. Astfel, printr-o aranjare corectă a structurii metamaterialelor se poate obține controlul fononilor, ceea ce conduce la reducerea fluxului termic, obținându-se proprietăți superioare vidului în ceea ce privește transferul termic.

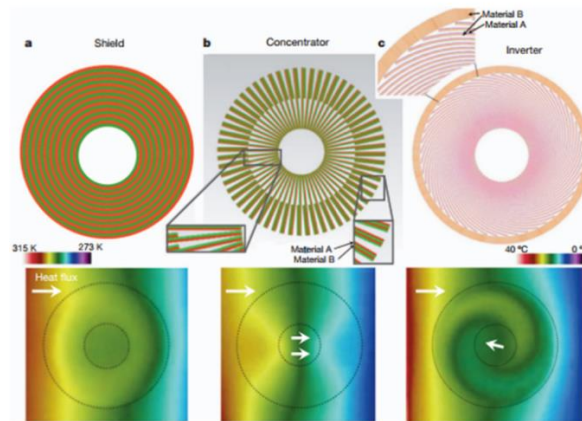


Figura 3.55 Metamateriale pentru controlul fluxului termic, a. straturi concentrice; b. concentrator termic; c. invertor termic

### 3.1.8. PANOURI COBA

Sistemele de izolare termică au în componența lor și straturi cu rol de a proteja izolația termică împotriva acțiunilor mecanice sau a factorilor de mediu. De cele mai multe ori stratul de protecție are și rol estetic, fiind stratul care dă aspectul final al fațadei clădirilor. Astfel, straturile de protecție pot fi dispuse direct pe izolația termică, cum este cazul tencuielilor minerale armate, sau sunt dispuse pe structuri metalice ușoare, ele fiind produse sub formă de plăci sau panouri. Un astfel de produs sunt și plăcile sau panourile realizate din beton armat cu fibră de sticlă (GRC). Pe piața internă se găsesc produsele Coba sau Canfor. Aceste panouri imită zidăria de cărămidă sau piatră naturală.



Figura 3.56 Tipuri de panouri Coba și Canfor



### 3.1.9. SISTEME DE PROTECȚIE A ELEMENTELOR DE ANVELOPĂ

Design Center DE WINKELHAAK este o construcție având destinația incubator pentru antreprenoriat inovatoare și face parte dintr-un proiect de revitalizare a raionului central al centrului din Anvers. Construcția nouă a fost realizată cu finanțare din partea Uniunii Europene, a Comunității Flamande, a orașului Anvers și a investitorilor privați. Sistemul inovativ de panouri electrice retractabile (jaluzele electrice) este montat pe consola dintre etaje, cu dispunere perimetrală în vederea asigurării etanșeității fonice și termice dar și pentru un control al intensității luminii.



Figura 3.57 DE WINKELHAAK-sistemele de protecție a anvelopei  
(<http://b-b.be/en/portfolio/design-center-de-winkelhaak/>)

Copertinele retractabile, sunt structuri de protecție împotriva razelor solare. Elementele structurale sunt din aluminiu sau oțel galvanizat. Alte elemente pentru umbrirea ferestrelor și a ușilor sunt marchizele, cu posibilitate de pliere.



Figura 3.58 Copertine retractabile

([http://www.expertdesigngroup.ro/cataloge/Copertine\\_retractabile.pdf](http://www.expertdesigngroup.ro/cataloge/Copertine_retractabile.pdf))



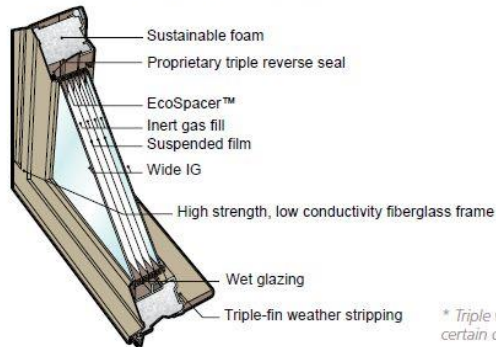
Figura 3.59 Marchize

([http://www.expertdesigngroup.ro/cataloge/Copertine\\_retractabile.pdf](http://www.expertdesigngroup.ro/cataloge/Copertine_retractabile.pdf))

### 3.1.10. FERESTRE CU PROPRIETĂȚI SUPERIOARE

SeriousWindows este o fereastră cu mai multe spații de aer, cu aspectul și greutatea geamului cu două panouri din sticlă și cu performanțe de izolație și umbrire superioare.

A unique combination of 9 key technologies including a fully insulated frame, suspended film, and our proprietary EcoSpacer™ system



\* Triple weather stripping available on certain operating models

### SeriousGlass L3

Triple, suspended, convection-reducing film, low solar heat gain

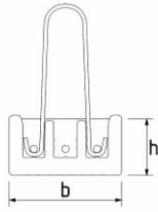
R-value: 11.1  
U-factor: 0.09  
VT: 0.39  
SHGC: 0.26

Figura 3.60 Caracteristici fereastră cu proprietăți superioare

## 3.2. ELEMENTE STRUCTURALE

### 3.2.1. ELEMENTE STRUCTURALE LA PLANȘEELE POROTHERM

Grinzile Porotherm sunt grinzi prefabricate din beton precomprimat, cu armatura preîntinsă (toron din sârmă pentru beton precomprimat  $\varnothing$  2,5 mm, cu rezistența la întindere  $f_{pk} = 1960 \text{ N/mm}^2$ , beton clasa C30/37), înveliș ceramic (elemente ceramice speciale tip T250), dispuse ca nervuri dese, la interax de 45 cm sau 60 cm, în funcție de tipul blocului ceramic Porotherm. Buiandrugul Porotherm este de asemenea un element prefabricat care se dispune la partea superioara a golurilor prevăzute în zidărie pentru ferestre și uși, cu rol de susținere a porțiunii de zidărie sau a suprabetonării armate de deasupra acestora. Aceste elemente se utilizează la pereți exteriori cât și la pereți interiori, pentru deschideri cuprinse între 0,25- 2,50 m.



$b \times h = 120 \text{ mm} \times 65 \text{ mm}$

Figura 3.61 Principiul planșeelor ceramice Porotherm



Figura. 3.62 Buiandrugul Porotherm

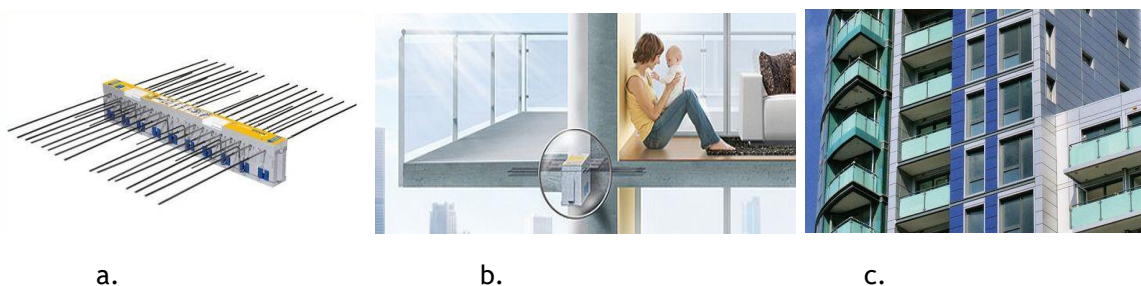
### 3.2.2. ELEMENTE STRUCTURALE PENTRU DIMINUAREA PUNȚILOR TERMICE

Oțelul are o conductivitate termică ridicată comparativ cu multe alte materiale de construcții. Conductivitatea termică ridicată înseamnă că sistemele structurale din oțel, atât cadrul structural, cât și elementele de fixare, trebuie proiectate cu atenție pentru a minimiza fluxurile de temperatură nedorite. În Tabelul 3.7 este prezentată o comparație dintre valorile conductivității termice a diferitor materiale prezentate în standardul românesc C 107 și ghidul CIBSE guide A.

Soluții pentru diminuarea/eliminarea efectului punților termice sunt prezentate pentru structuri în cadre din beton armat; structuri mixte din beton armat și oțel) sau în zona aticurilor pentru structurile cu acoperiș tip terasă circulabilă.

**Tabel 3.7** Conductivitatea termică a materialelor de construcții uzuale (CIBSE Guide A) vs. C107/2005

Material	Conductivitatea termică, $\lambda$ ( $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) CIBSE	Conductivitatea termică, $\lambda$ ( $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) C107/2005
Oțel	45 to 50	58
Oțel Inoxidabil	15 to 17	-
Beton	1,7 to 2,2	1,62-2,03
Cărămizi	0,6 to 0,8	0,46-0,8
Gips carton	0,16 to 0,22	-
Placaj din lemn	0,12 to 0,15	0,14
Izolație din vata minerală	0,03 to 0,04	0,04-0,05
Produse pultrudate din compozite polimerice armate cu fibre de sticlă	<0,5	-



a.

b.

c.

**Figura 3.63** Evitarea punților termice în zona balcoanelor:

a. Sistemul Schöck Isokorb® K; b. zona de montare a elementului care asigură ruperea punții termice; c. clădire rezidențială cu sisteme Schöck Isokorb® K în zona dintre balcoane și placă

(<http://www.schoeck.co.uk/en-gb/concrete-balconies>)

Profilele din CPAFS combină o serie de avantaje unice, cum ar fi rezistența la întindere ridicată, greutatea redusă și rezistența la coroziune, oferind o alternativă rentabilă la armarea betonului înlocuirea unor elemente din oțel, aluminiu sau lemn.

Barele de armare de tip ComBAR® sunt mai puternice în comparație cu oțelul, având și o durată de viață mult mai mare. Conținutul ridicat de fibre din ComBAR® (aproximativ 88% din greutate) și alinierea paralelă a fibrelor conduc la o rezistență maximă a materialului. Rășina vinil esterică este etanșă la difuzie.

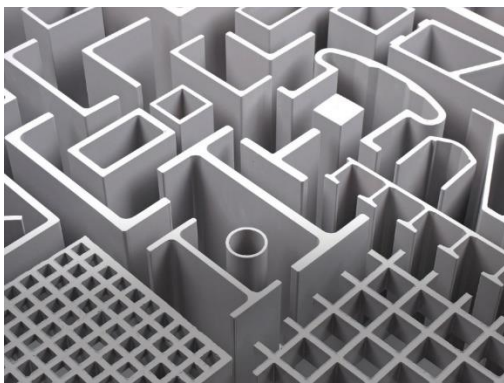


Figura 3.68 Profile din CPAFS obținute prin pultrudere (<https://fiberline.com>)



Figura 3.69 Armarea planșelor cu bare din CPAFS

### 3.3. MATERIALE ECOLOGICE TERMOIZOLANTE

Izolația din **celuloză** este fabricată din hârtie reciclată, tratată cu un amestec de substanțe chimice precum borax și acidul boric pentru a adăuga celulozei proprietăți de ignifugare și de protecție insecto-fungică. Acest tip de izolație termică are o conductivitate termică cuprinsă între 0.038 - 0.040.

Izolație termică din plută este fabricată utilizând scoarța provenită de la stejarul de plută, recoltată periodic. Conductivitatea termică a plutei este cuprinsă între 0,038 - 0,050 având o densitate de aproximativ 120 kg/m<sup>3</sup>.



Figura 3.70 Izolație din celuloză



Figura 3.71 Izolație termică din plută

Panourile și rolele create din lână de oaie cu un liant poliesteric sunt tratate pentru rezistență la foc și insecte. Lâna este potrivită pentru izolarea între căpriori și îmbinări între cadrele de lemn. Are proprietăți higroscopice excelente, care ajută la moderarea temperaturilor pe toata durata sezonelor. Material izolator natural cu excelente proprietăți relevante pentru fizica construcțiilor. Conductivitatea termică a lânii de oaie este de 0,0039 cu o densitate de 25 kg/m<sup>3</sup>.

Materialul realizat din spumă pe bază de soia are o structură asemănătoare cu spuma poliuretanică expandată, însă este fabricată din ingrediente organice (ex. uleiul de soia). Aceasta se aplică în mod similar ca și spuma poliuretanică, aceasta fiind aplicată prin injectare. Printre avantajele menționăm faptul că acest tip de izolație este realizat doar din ingrediente naturale, rezistă la mucegai, funghi și umezeală și este ușor de aplicat. Pentru fabricarea panourilor din in este utilizată o rășină poliestică cu



scopul de a oferi stabilitate fibrelor. De asemenea, trebuie luată în considerare și etapa de tratare a panourilor la acțiunea focului. Izolația din in este utilizată la structurile care necesită o rată ridicată de schimburi de aer (ventilare).



Figura 3.73 Izolație din lână de oaie



Figura 3.75 Izolație termică din in

Panouri fabricate din cânepă pură, sau un amestec de cânepă cu o combinație de bumbac reciclat sau fibre din lemn, înglobate într-o matrice poliestică, și ignifugate, sunt utilizate în pereții care necesită ventilație, acoperișuri ventilate, tavane și pardoseli. Un hectar de cultura de cânepă asigură izolația termică pentru 100 m<sup>2</sup>. Conductivitatea termică a saltelelor din cânepă este de 0,038-0,040 și cu o densitate de 40 kg/m<sup>3</sup>.

Produsele din cânepă cu var și/sau ciment au fost utilizate inițial în Franța și au la bază un proces de amestecare a cânepii cu var/ciment. Produsele prezintă o conductivitate termică de aproximativ 0,07 și o densitate de 220-330 kg/m<sup>3</sup>.



Figura 3.76 Panouri din cânepă



Figura 3.77 Panou din cânepă cu var și/sau ciment

Izolația din așchii din lemn și lână este fabricată din reziduuri rezultate în urma prelucrării elementelor lemnoase și a lânii. De asemenea, este utilizat și un liant pe bază de fosfat de amoniu, soluție ce oferă o rezistență apreciabilă la foc. Izolația este utilizată la clădirile cu pereți structurali din lemn, acoperișuri ventilate, plafoane și pardoseli. Produsele fabricate din reziduuri din lemn și din lână au o conductivitate termică de 0,038 și o densitate de 50 kg/m<sup>3</sup>. Acest tip de izolație termică este fabricat din așchii din lemn provenite din prelucrarea materiei lemnoase, care sunt udate și presate, apoi sunt uscate și nu li se adaugă lianți.



Figura 3.78 Izolații din reziduuri din lemn și lână



Figura 3.79 Panouri din așchii din lemn

Unul dintre cele mai importante dezavantaje este reprezentat de faptul că momentan aceste panouri nu se fabrică în România. Conductivitatea termică a acestor panouri este situată între 0,038 și 0,050, având o densitate de 160-240 kg/m<sup>3</sup>.

### PLĂCI / SALTELE TERMOIZOLANTE DIN STUF

Datorită însușirilor sale fizice stuful reprezintă un material de construcție ideal: acesta este ușor, dar, în același timp, stabil. Aerul din și dintre firele de stuf asigură o izolație termică și fonică deosebită, asigurând astfel un confort ridicat și poate fi ușor combinat cu alte materiale de construcție cum ar fi lutul, lemnul, argila, varul și cimentul. Plăcile pot fi transformate în compost. Conductivitatea termică a produselor din stuf are o valoare de 0,056.



Figura 3.80 Produse cu rol de termo-izolație din stuf

### SISTEME CONSTRUCTIVE TERMOIZOLANTE ECOLOGICE

**Construcțiile din saci de pământ** reprezintă o redescoperire în arhitectura contemporană, a unei tehnici străvechi, cea a pământului bătătorit, la care se adaugă o ranforsare structurală din lemn, tuburi de plastic sau fibre metalice. Un rol semnificativ în dezvoltarea acestei soluții constructive l-a avut arhitectul Nader Khalili, care a perfectat tehnologia încă din anii 1970, în baza moștenirii sale culturale din Orientul Mijlociu.



Figura 3.81 Alcătuire constructivă

(<http://www.magazinuldecase.ro/articole/un-dom-natural-modern-si-rezistent-la-cutremure-9259.html>)

**Construcțiile din baloți de paie** reprezintă o soluție care folosește materiale naturale (paie de grâu, orez, secară și ovăz) ca elemente de închidere și izolații pentru clădiri. Stratul gros din lut, care se folosește pentru tencuiala interioară și exterioară asigură elementului o bună inerție termică și rezistență la foc (Mangood și Walker, 2003).



**Figura 3.82** Casă din baloți de paie, Șendriceni, Botoșani, suprafața: 140 m<sup>2</sup>

Sistem constructiv cu chirpici cu o capacitate termoizolantă foarte bună, folosit mai ales în trecut la construcția locuințelor. În prezent, cercetările privind materialele naturale (ecologice) cu capacitate termoizolantă au readus în atenția publicului de specialitate chirpiciul ca material de construcții. Având în vedere că amestecul de paie, stuf și argilă (chirpici) este destul de rezistent la umezeală, nu sunt necesare protecții suplimentare, bariere împotriva vaporilor etc.



**Figura 3.83** Casă din chirpici

#### 4. SOFTWARE DEDICAT CREȘTERII PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR VECHI/NOI

##### 4.1. PROGRAME UTILIZATE ÎN ANALIZA TRANSFERULUI DE MASĂ

Verificarea riscului de apariție a condensului se poate efectua utilizând programul de analiză numerică **WUFI 2D®**. Programul permite calcularea pe două direcții a transferului cuplat de masă și căldură, printr-un element de anvelopă ce are în componență mai multe straturi. Utilizează cele mai noi rezultate obținute în urma cercetărilor efectuate în transferul de masă, prin cele două fenomene distincte și anume: difuzia vaporilor și transferul apei în stare lichidă. Programul a fost validat prin comparare cu rezultatele măsurărilor efectuate în laboratoarele și in-situ de IBP .



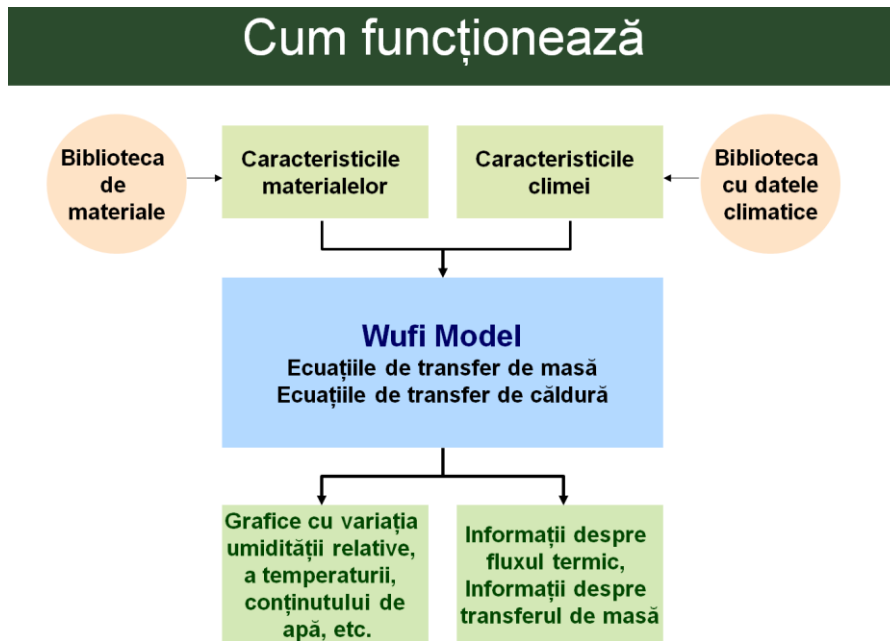


Figura 4.1 Algoritmul de funcționare al programului WUFI 2D

**AnTherm** ® este un program dedicat pentru “Analiza comportamentului termic al structurilor de construcții, a punților termice și a punților de difuzie a vaporilor de apă”. Are la bază cunoașterea aprofundată a fizicii clădirii - conceptul de coeficienți de conductivitate termică. AnTherm ®, program pentru simularea punților termice, este utilizat pentru a calcula distribuția de temperatură, fluxurile termice și a fluxurilor de difuzie a vaporilor de apă în structurile de construcție de formă arbitrară și în orice combinație de materiale.

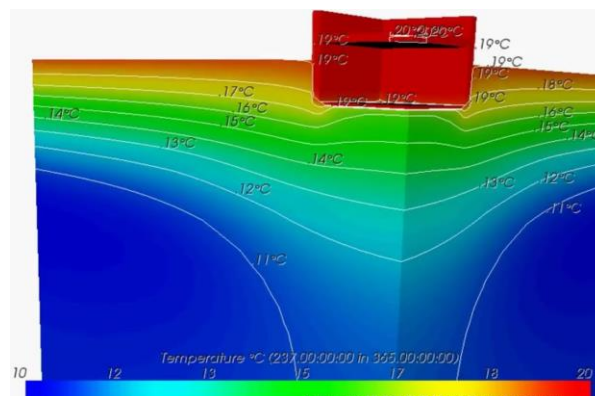


Figura 4.2 Programul AnTherm ® (<http://altiscad.ro/w/antherm/>)

Programul de calcul **THERM** este elaborat de Universitatea Berkeley din California și este un program utilizat de către cercetători și specialiști, deopotrivă pentru evaluarea transferului termic, programul Therm, utilizează un model bidimensional, care rezolvă ecuația de transfer termic utilizând Metoda Elementului Finit, în regim termic staționar <https://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>.

## 4.2. PROGRAME CU MODULE DEDICATE

Sistemul integrat de soluții pentru mediu (The Integrated Environmental Solutions-IES) **VE SketchUp** este un plugin (modul) care permite atribuirea de informații importante de proiectare durabilă cum ar fi: locația construcției, tipul de construcție, tipul de cameră, tipuri de construcții și sisteme HVAC la un model SketchUp. Importat direct într-un instrument IES pentru analiză, nu mai necesită reconstruirea modelul.

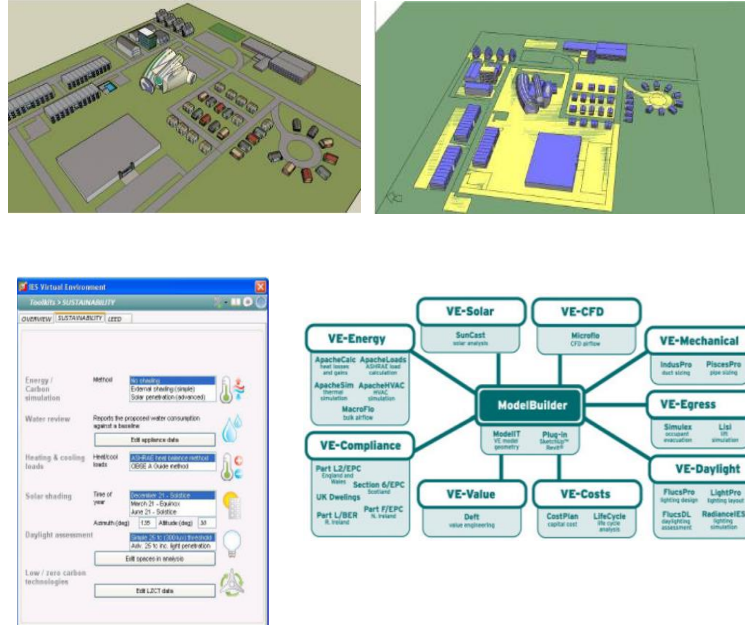


Figura 4.4 Fluxul de lucru în 4 pași al programului IES

## RETScreen



**Denumire:** RETScreen Expert. Clean Energy Management Soft

**Producător:** CANMET Energy Technology Centre – Varennes (CETC), centru de cercetare al Ministerului Resurselor Naturale din Canada. Software dezvoltat în colaborare cu NASA, UNEP, GEF

**Descriere software** Programul *RETScreen International Clean Energy Project Analysis* este caracterizat ca fiind unul dintre cele mai puternice instrumente de pe

piață care au ca scop ușurarea realizării de evaluări/studii de pre- și fezabilitate privind tehnologiile cu un impact energetic redus, cunoscute și ca tehnologii energetice curate sau verzi. Programul se poate utiliza pentru analizarea unui proiect din punct de vedere a producerii de energie, costuri pe ciclu de viață și emisii de gaze cu efect de seră. Analizele efectuate sunt influențate de modelele integrate ce conțin printre altele și informații despre costurile implicate și o bază de date meteorologică.



Figura 4.5 Flux de lucru

## 5. APARATURĂ ȘI TESTE DE LABORATOR

### 5.1. APARATURĂ PENTRU TESTAREA GEAMURILOR IZOLATOARE

Aparatele **SPARKLINE LASER™** pentru testarea geamurilor izolatoare au la bază tehnologia laser, măsurând cantitatea de oxigen, rezultatele fiind convertite în argon, kripton sau alte gaze izolatoare. Principalii utilizatori sunt fabricanții de geamuri izolatoare, laboratoarele de testare a ferestrelor și ușilor din cadrul fabricilor, inspectorii de calitate a clădirilor și consultanții în construcții.

### 5.2. APARATURĂ PENTRU DIAGNOZA CALITĂȚII AERULUI DIN INTERIORUL CONSTRUCȚIILOR ȘI A PIERDERILOR DE CĂLDURĂ

**Fluke 975 AirMeter™** combină cinci instrumente puternice pentru calitatea aerului într-unul singur: Măsurare, jurnalizare și afișare simultane ale temperaturii, umidității și nivelurilor de CO<sub>2</sub> și CO; calculare % aer din exterior, măsurare cu o singură atingere a debitului și vitezei aerului cu sonda disponibilă (975V); Măsurare a punctului de condensare și a temperaturii de saturație adiabatică; Caracteristică de calibrare pe teren pentru nivelurile de CO<sub>2</sub> și CO; Funcții Min/Max/Medie pentru toate valorile măsurate și calculate, alarme sonore și vizuale pentru valori de prag; Posibilitate de jurnalizare discretă sau continuă a datelor și de descărcare a acestora pe PC prin interfață USB; Compensare automată a variațiilor presiunii barometrice.

Seria Fluke Expert TiX560/520/500 de instrumente în infraroșu sunt utilizate pentru identificare “punctelor fierbinti” ale instalațiilor industriale dar și la identificarea punctelor termice și stabilirea nivelului pierderilor de temperatură.

### 5.3. TESTE ÎN LABORATOR ȘI IN SITU

#### DETERMINAREA CONDUCTIVITĂȚII TERMICE

În dotarea Laboratorului de Fizica Construcțiilor există o Cameră Climatică Dublă, cu ajutorul căreia se poate genera un flux de căldură și de masă în regim staționar dinspre cameră caldă, înspre camera rece. Mediile condiționate în cele două camere sunt caracterizate de umiditate relativă și temperatură.

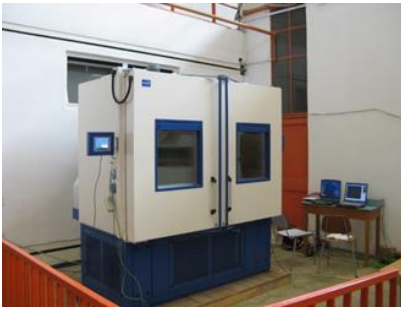


Figura 5.3 Camera climatică dublă



Figura 5.4 Fluxmetru. Senzor de flux

#### STUDII PRIVIND INFLUENȚA CONDIȚIILOR CLIMATICE ASUPRA PANOURILOR FOTOVOLTAICE ȘI MATERIALELOR CU SCHIMBARE DE FAZĂ

În două teze de doctorat, a fost analizată influența condițiilor climatice asupra panourilor fotovoltaice și asupra materialelor cu schimbare de fază. Cele două experimente sunt prezentate împreună pentru că ambele au presupus instalarea în camera climatică a unui stand care să reproducă radiația solară, respectiv cea IR și UV. Rezultatele măsurătorilor au fost prezentate în tezele de doctorat și în articole științifice (Căilean, 2011; Hudisteanu 2016).



Figura 5.9 Standul experimental utilizat pentru studierea materialelor cu schimbare de fază

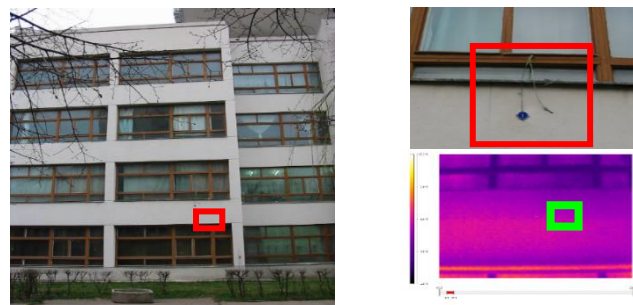


Figura 5.12 Determinarea rezistenței termice a unui perete

## 6. CONCLUZII ȘI DISCUȚII

După întocmirea raportului, echipa de lucru a sintetizat următoarele concluzii:

- Considerând întreg ciclul de viață, **faza de utilizare a unei construcții are cel mai ridicat impact asupra mediului înconjurător**. Acest fapt se datorează consumului de energie pentru asigurarea condițiilor de climat interior;
- Un aspect important în îmbunătățirea performanțelor energetice și termice ale fondului construit existent și al celui programat (viitor), este reprezentat de **alegerea materialelor de construcții**, mai ales a celor folosite pentru **realizarea anvelopei clădirilor**;
- **Diferențele dintre pereții verzi (green walls) și fațadele verzi (green facades)** sunt: un perete verde este proiectat să susțină greutatea proprie dar și a vegetației care crește pe acesta împreună cu sistemul de pământ și irigare, fațada verde poate fi acoperită parțial sau total cu vegetația care crește de la nivelul solului sau baza construcției;
- **Rolul pereții verzi și a fațadele verzi** este de a reduce efectul insulelor urbane de căldură, izolează clădirea și o umbrește, suprafața verde absoarbe o parte din apa din precipitații care cade pe fațadă sau perete, curăță aerul viciat din împrejurime. Nu este de neglijat impactul vizual și asupra sănătății oamenilor dar și o serie de factori cognitivi cum ar fi bucuria și motivarea;
- Utilizarea unui acoperiș verde, în comparație cu un sistem convențional, conduce, pe de o parte la reducerea consumului de energie, în special pentru climatizare în sezonul cald, asigurând în același timp un echilibru ecologic, prin diminuarea efectului insulei de căldură, gestionarea apelor pluviale și reducerea sarcinii asupra rețelei de canalizare, reținerea micro-particulelor din atmosferă și a CO<sub>2</sub>;
- AnTherm® este un program dedicat pentru “Analiza comportamentului termic al structurilor de construcții, a punților termice și a punților de difuzie a vaporilor de apă”;
- Programul RETScreen International Clean Energy Project Analysis este caracterizat ca fiind unul dintre cele mai puternice instrumente de pe piață care au ca scop ușurarea realizării de evaluări/studii de pre- și fezabilitate privind tehnologiile cu un impact energetic redus, cunoscute și ca tehnologii energetice curate sau verzi;
- Principalele pachete software pentru “Green Buildings”: Ecotect, Visual Doe, Energy +, IES, Dialux, etc;
- La construcțiile noi dar și la construcțiile reabilitate termic este necesară verificarea zonelor cu punți termice liniare sau punctuale folosind instrumente în infraroșu prezentate la punctul 5.2.
- În raport sunt prezentate materiale și sisteme termoizolante care utilizate în faza de proiectare și de execuție pot conduce la îmbunătățiri ale performanței energetice atât pe elemente cât și pentru structuri. O monitorizare pe durata ciclului de viață a anvelopei unei construcții este necesară pentru controlul consumurilor de energie.



## BIBLIOGRAFIE

1. \*\*\* Climate booklet for urban development. Ministry of Economy Baden-Wurttemberg in Cooperation with Environmental Protection Department of Stuttgart; 2008;
2. \*\*\* Living Roofs and Walls Technical Report: Supporting London Plan Policy, [2008], Ed. Greater London Authority City Hall, The Queen's Walk, 55pg., ISBN 978 1 84781 132 5;
3. Baran I., Bliuc I., [2011], „Soluții moderne de închideri și finisaje pentru clădiri”, Ed. Politehniun, Iași, ISBN 978 973 621 391 5;
4. Bribian I.Z., Capilla A.V., Uson A.A., (2011) Life cycle assessment of buildings materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential, Building and Environment, 46, 1133-1140.
5. C 107-2015, 2010, Ordin pentru modificarea Reglementării tehnice „Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor”, Monitorul Oficial al României, București.
6. C 107-2015, Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor, Monitorul Oficial al României, București.
7. Cameron R., Taylor J., Emmett M., [2015], „A Hedera green façade e Energy performance and saving under different maritime-temperate, winter weather conditions”, Building and Environment Journal, 92, Ed. Elsevier, pg. 111-121;
8. Căilean Adrian Dumitru, Cercetări privind utilizarea formelor regenerabile de energie în sisteme integrate de instalații, Teză de doctorat, Universitatea Tehnica "Gheorghe Asachi" din Iași, Iași, 2011
9. CIBSE Guide A: Environmental Design 2015 (reprinted with corrections Feb 2016)
10. Dunnett NP, Kingsbury N., [2004], „Planting Green Roofs and Living Walls”. Portland (OR): Timber Press, 336 pg., ISBN-13: 9780881929119;
11. European Commission, (2010) Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Union 13-35.
12. European Commission, (2013) Energy-efficient Buildings: multi-annual Roadmap for
13. European Commission, (2016) Commission Recommendation (EU) 2016/1318 of 29 July 2016 on guidelines for the promotion of nearly zero-energy buildings and best practices to ensure that, by 2020, all new buildings are nearly zero-energy buildings, , Official Journal of the European Union 208 46-57.
14. European Union, (2012) Directive 2012/27/EU of the European parliament and of the council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending directives 2009/125/ EC and 2010/30/EU and repealing directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Official Journal of the European Union 315, 1-56.
15. Georgescu M.S. și Dumitrescu C.S., [2011], Rezultatele proiectului S.I.R.: reabilitarea complexă, multicriterială, integrată a ansamblurilor urbane și de locuințe: certificarea clădirilor durabile, Editura Universitară "Ion Mincu", București, Romania, pp.134-163.
16. <http://architect.com/brittanydrapac/project/dichroic-curtain-wall>
17. <http://casenaturale.ro/2016/04/13/sfaturile-unui-beneficiar-de-casa-din-baloti-de-paie/>
18. <http://panouri.kingspan.ro>
19. [http://www.heliocentric.org/Files/SeriousWindows\\_1125\\_Dsheet.pdf](http://www.heliocentric.org/Files/SeriousWindows_1125_Dsheet.pdf)
20. <http://www.magazinuldecasa.ro/articole/un-dom-natural-modern-si-rezistent-la-cutremure-9259.html>
21. <http://www.mtcmagazin.ro/aparatele-sparkline-laser-pentru-testarea-geamurilor-izolatoare/>
22. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315301451#fig6>
23. [http://www.steelconstruction.info/Thermal\\_performance](http://www.steelconstruction.info/Thermal_performance)
24. <http://www.wufi.de>
25. <https://fiberline.com/eyecatcher-building>
26. <https://livingroofs.org/energy-conservation/>
27. <https://www.alukoenigstahl.ro/ro/SiteAssets/compania/despre-noi/ALUKO%CC%88NIGSTAHL%20-%2020%20ANI.pdf>
28. <https://www.bnab.ro/2012/proiecte/2/52/>

29. <https://www.homepower.com/articles/home-efficiency/design-construction/straw-bales-solar-energy-natural-partnership>
30. [https://www.multipor.ro/ro/docs/Multipor\\_Interioare.pdf](https://www.multipor.ro/ro/docs/Multipor_Interioare.pdf)
31. <https://www.murvegetalpatrickblanc.com/realisations/madrid/caixa-forum-madrid>;
32. Hudișteanu Sebastian Valeriu - Eficiența panourilor fotovoltaice integrate în fațadele ventilate dublu vitrate ale clădirilor. Teză de doctorat - Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, 2016
33. Hunter Kaki, Kiffmeyer Donald, [2004], „Earthbag Building, the Tools, tricks and Techniques” New Society Publishers, Canada, 281 pg., ISBN 0865715076;
34. Liu,K, [2002], „Energy Efficiency of and Environmental Benefits of a roof top garden” National Research Council Canada [www.professionalroofing.net](http://www.professionalroofing.net);
35. Mangood C., Walker C., [2003], „Straw Bale Details: A Manual for Designers and Builders (Natural Building Series)”, Natural Building Series, New Society Publishers, 63 pg., ISBN-13: 978-0865714762
36. Newton, J, Gedge, D, Wilson. S, and Early, P. , [2007], „Building Greener - An assessment of the use of green roofs, green walls and other features on and in buildings”,. CIRIA, London.
37. Ordinul nr. 2641/2017 privind modificarea și completarea reglementării tehnice "Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor", aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 157/2007.
38. Ordinul nr. 386/2016 pentru modificarea și completarea Reglementării tehnice "Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor", indicativ C 107-2005, aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2.055/2005 ( M.Of. al României În vigoare de la 21 aprilie 2016).
39. Pruteanu Marian, Soluții neconvenționale de protecție termică, Editura Politehnică, Iași, 2011;
40. Roadmap for the Contractual PPP under Horizon 2020.
41. Saez de Guinoa A., Zambrana-Vasquez D., Alcalde A., Corradini M., Zabalza-Bribian I., (2017) Environmental assessment of a nano-technological aerogel-based panel for building insulation, Journal of Cleaner Production, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.102>.
42. Sandwich panels-Building for future Sika Catalog, 2017
43. Schittich C., Staib G., Balkow D., Schuler M., Sobek W., [1999], "Atlante del Vetro", Ed. Utet, Milano, 334 pg., ISBN 8802055297;
44. SR EN 12664:2002, „Performanța termică a materialelor și produselor de construcție. Determinarea rezistenței termice cu ajutorul metodei plăcii calde gardate și al metodei termofluxmetrice. Produse uscate și umede cu rezistență termică medie și mică”;
45. SR EN ISO 10456:2008, Materiale și produse pentru construcții. Proprietăți higrotermice. Valori tabelare de proiectare și proceduri pentru determinarea valorilor termice declarate și de proiectare, ASRO, București.
46. SR EN ISO 8990:2002, Izolație termică. Determinarea proprietăților de transmisie termică în regim staționar. Cutia caldă calibrată și gardată;
47. The Contractual PPP under Horizon 2020. Energy-efficient Buildings: Multiannual
48. Thierry Gallauziaux, David Fedullo, [2011], „Le grand livre de l'isolation , 3e édition”, Ed. Eyrolles, 2011, p. 217-222;
49. TRSYS01, „High Accuracy Thermal Resistance Measurement System with 2 measurement locations”, USER MANUAL, TRSYS01 manual / version 0606;
50. WEO/IEA, (2013) World Energy Outlook 2013 Executive Summary. International Energy Agency, Paris.
51. WHO, (2014) Urban Population Growth. Global health observatory.
52. Yamada, H., [2008], „How is energy usage reduced by green roof and walls”, Gsky, Eco Innovations Inc. Engineering Department, Wakayama University.  
[http://www.gsky.com/Benefits\\_EnergySavings\\_Detailed.aspx](http://www.gsky.com/Benefits_EnergySavings_Detailed.aspx)