

Impactul performanțelor elementelor de anvelopă vitrate asupra performanțelor energetice ale clădirii, confortului (thermic & luminos) și calității mediului interior

Impact of vitreous tire performance on the energy performance of the building, comfort (thermal & light) and indoor environment

Conf. dr. ing. Victoria COTOROBAI¹, Lec. S. Iulia NEGARĂ²,
conf. dr. ing. Silviana BRATA³, I.C. COTOROBAI¹,

¹ U. T. Gheorghe Asachi, Iași, România

² U. T. din Moldova, Republica Moldova

³ Universitatea Politehnica Timișoara, Romania

Abstract:

The imposition of new requirements for future buildings (NZBEs and others) requires much more powerful and effective design tools than usual tools to predict their dynamic behavior in climatic conditions specific to amplitude in the context of neighborhoods and to provide a climate and a quality indoor environment appropriate to occupant requirements. The paper presents the results of a case study that aimed at optimal configuration of vitreous exterior construction elements in dynamic climatic conditions to achieve the NZEB building envelope. The advantage of the instrument used is the possibility of using the latest models of dynamic behavior of the glazed elements, which can simulate light and energy transfer from the outside to the inside and vice versa with different structures (different glasses: classical, clear, intelligent, integrated PV, solar control ...; number of different coupled windows, different gas cavities, associated or integrated shading systems) under standard climate or real climate conditions. The study also focused on the impact of glazed systems on energy and visual comfort. The classic glazed systems with 2 and 3 clear glasses found: a strong dynamics of the temperature on the internal surface of the glass, respectively the effect of cold / warm radiation from the window; the blindness effect at certain times of the day and year; the greenhouse effect in the window cavity; a positive effect during the winter and a negative one during the summer. For recent special glasses it was possible to control the visible light and the energy transmitted externally-inside and vice versa.

Keywords: vitreous tire elements, energy performance, thermal comfort, indoor environment quality

Rezumat:

Impunerea unor noi exigențe pentru clădirile viitorului (NZBE, și altele) necesită instrumente de concepere mult mai puternice și eficiente în raport cu instrumentele uzuale care să permită previzionarea comportamentului dinamic al acestora în condiții climatice specifice amplasamentului, în contextul vecinătăților și care să poată oferi un climat și o calitate a mediului interior adecvat cu cerințele ocupanților. În lucrare se prezintă rezultatele unui studiu de caz care a vizat configurarea optimă a elementelor de construcție exterioare vitrate, în condiții climatice dinamice, pentru clădirile noi și

îmbunătățirea elementelor de construcție existente pentru a realiza anvelopa clădirilor NZEB. Avantajul instrumentului utilizat constă în posibilitatea utilizării celor mai recente modele de comportament dinamic a elementelor vitrate, care pot simula transferul de lumină și energie, dinspre exterior spre interior și invers, cu diferite structurări (diferite sticle: clasice, clare, inteligente, cu PV integrate, cu control solar...; număr de geamuri cuplate diferite, cu cavitate cu gaze diferite; tâmplărie din materiale și cu dimensiuni diferite; sisteme de umbrire asociate sau integrate), în condiții climatice standard sau în condiții climatice reale. S-a vizat și studiul impactului sistemelor vitrate asupra confortului energetic și vizual. S-a vizat și studiul impactului sistemelor vitrate asupra confortului energetic și vizual. S-a constatat: a) la sistemele vitrate clasice cu 2 și 3 sticle clare s-a constatat: o puternică dinamică a temperaturii pe suprafața internă a geamului, respectiv efectul radiației reci/calde din partea geamului; efectul de orbire în anumite momente din zi și an; efectul de seră în cavitatea dintre geamuri; b) pentru geamurile termopan un efect pozitiv pe perioada iernii și unul negativ pe perioada verii; c) Pentru geamuri speciale recente s-a constatat posibilitatea controlului luminii vizibile și a energiei transmise exterior-interior și invers.

Cuvinte cheie : *elemente de anvelopă vitrate, performanță energetică, confort termic, calitatea mediului interior*

1. Introducere

Sistemele vitrate pot fi structurate după dorința (și experiența proiectantului/cercetătorului) prin cuplarea adecvată a două sau mai multe vitraje, cu caracteristici identice sau diferite, amplasate la distanțe diferite unele de altele și închizând cel puțin o lamă de gaz - aer/argon/Kripton, cu ventilare naturală sau mecanică.

Performanțele energetice (termice și optice) ale vitrajelor sunt dependente și se determină în raport cu următoarele caracteristici: *coeficientul de transmitanță termică: U ; fracția din radiația ultra violetă transmisă: τ_{UV} ; coeficientul de transmitanță uminoasă: τ_V , notată și cu TL ; fracția din energia absorbită re-emisă spre exterior și interior: $RL_{exterior}$, $RL_{interior}$; factorii energetici de transmisie, absorbție și refracție: TE , RE , AE ; factorul global de însorire, g ; coeficienții de umbrire T_{SC} și S_{SC} .*

Aceste caracteristici diferă foarte mult de la un vitraj la altul. Se pot determina, conform metodelor standard normate în SR EN 410: 2011, SR EN 673:2011 și ISO 9050, cu diverse instrumente ajutătoare sau cu ajutorul softurilor special concepute care în general au și o bază de date cu informații acreditate, ale furnizorilor individuali sau grupurilor de furnizori.

2. Obiectivele cercetării

În cadrul lucrării sunt prezentate rezultatele unei analize comparate a performanțelor unor sisteme de anvelopă vitrate (uzuale și de ultimă generație), cu impact major asupra dinamicii confortului energetic, vizual și biologic din spațiile deservite.

Analiza a fost realizată pe baza simulării comportamentului dinamic (respectiv transferul de energie și lumină dinspre exterior spre interior și invers) a diferite sisteme de geamuri, (clasice cu geam dublu și triplu clar, triple cu geam low-e, plasat spre exterior și geam triplu cu o foaie de geam termocrom), în condiții *climatice*

Impactul performanțelor elementelor de anvelopă vitrate asupra performanțelor energetice ale clădirii, confortului (termic & luminos) și calității mediului interior

(*temperatură, radiație solară*) dinamice. Ferestrele termocromice sunt tehnologia cea mai avansată și cea mai simplă de fereastră dinamică disponibilă. Sticla termochromică utilizează pur și simplu căldură din lumina directă a soarelui pentru a tenta ferestrele atunci când este necesar. Cu cât lumina soarelui este mai directă și mai intensă pe geam, cu atât devine mai întunecată. Se reduce puternic transferul de căldură spre interiorul clădirii iar procesul de transfer se adaptează continuu într-o gamă de temperaturi, obținându-se un echilibru natural și utilizarea maximă a luminii de zi. Prin design, ferestrele termocromice ajută la reducerea orbirii, atenuarea zgomotului și la creșterea siguranței.

3. Ipoteze de lucru

În prezenta cercetare, caracteristicile (energetice și optice) ale vitrajelor s-au determinat cu ajutorul softurilor specializate performante WINDOW 7.5.12., Optics 6, Radiance, Confen, care conțin: bazele de date pentru caracteristicile optice și energetice ale tuturor geamurilor omologate în lume (inclusiv cele active/inteligente); bazele de date ale tâmplăriei; bazele de date ale sistemelor de umbrire; bazele de date ale straturilor de gaze dintre geamuri și care prezintă și avantajul că pot fi apelate de platformele de simulare ale clădirilor (Trnsys, Lesosai, ...).

Analiza comparată a performanțelor energetice ale diferitelor sisteme vitrate s-a realizat pe baza simulării structuri și configurației acestora și al comportamentului în condiții climatice standard. Pentru analiză s-a considerat un mediu climatic standard, care ia în considerare datele climatice pentru perioada de vară și cea de iarnă (respectiv standardul NFRC 100-2010).

Analiza permite studiul comportamentului sistemului vitrat în condițiile interacțiunii fiecărei componente spectrale a radiației cu geamurile & lamele de aer & tâmplărie & sistem umbrire. Se poate analiza transmiterea radiației luminoase și termice prin sistemul de geamuri, într-un sens și în celălalt.

Caracteristicile luminoase și energetice ale geamurilor sunt conforme cu certificatele de testare.

4. Variante de alcătuire a sistemelor vitrate analizate

În cadrul studiului s-au analizat performanțele luminoase și termice pentru sistemele vitrate delimitatoare ale unei încăperi (un laborator de cercetare din U.T.M.- Chișinău), în 5 variante de alcătuire, Tab. 1. și Tab. 2.:

- V1-sistem vitrat cu geam dublu clar
- V2-sistem vitrat cu geam triplu clar
- V3-sistem vitrat cu geam triplu cu un strat low-e (joasă energie/termopan) exterior;
- V4-sistem vitrat cu geam triplu cu un strat low-e (joasă energie/termopan), interior;
- V5- sistem vitrat cu geam triplu cu un strat termocromatic exterior.

Baza de date a software Window și algoritmi de evaluare a transferului luminos și termic prin suprafețele vitrate dinspre exterior spre interior și dinspre interior spre exterior, respectiv a energiei valorificate de sistemele vitrate active sunt incluse în Software Trnsys.

5. Rezultate cercetare

Rezultatele extrase sunt prezentate centralizat în:

- Tab. 3.: Factorul de transmitanță termică U în centrul geamului
- Tab. 4.: Evoluția temperaturii în secțiunea transversală a sistemului vitrat
- Tab. 5.: Caracteristicile optice ale sistemului de geamuri
- Tab. 6, 7: Reprezentarea grafică a fluxului luminos și energetic prin sistemele analizate pe parcursul anului.

Tabelul 1.

Variante de alcătuire a sistemelor vitrate

Variantă	V1	V2	V3	V4	V5
Schemă alcătuire					
Simbol	1+1	1+2	1+2	2+1	1+2
Structură	Geam clar	Geam clar	Geam low-e	Geam clar	Geam thermocrom
	Lamă aer	Lamă aer	Lamă aer	Lamă aer	Lamă aer
	Geam clar	Geam clar	Geam clar	Geam clar	Geam clar
		Lamă aer	Lamă aer	Lamă aer	Lamă aer
		Geam clar	Geam clar	Geam low-e	Geam clar

Tabelul 2.

Caracterizare sisteme vitrate-Structură

V			ID	Name	Mode	Thick	Flip	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	Ti	E1	E2	Cond
V1			Glass 1	103 CLEAR_6.DAT	#	5.7	☐	0.771	0.070	0.070	0.884	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840	1.000
			Gap 1	1 Air		12.0											
			Glass 2	103 CLEAR_6.DAT	#	5.7	☐	0.771	0.070	0.070	0.884	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840	1.000
V2			Glass 1	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☒	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000
			Gap 1	1 Air		12.7											
			Glass 2	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☒	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000
			Gap 2	1 Air		12.7											
			Glass 3	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☒	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000
V3			Glass 1	19528 CET13-65_4.CSG.CSG	#	3.9	☒	0.289	0.530	0.399	0.692	0.087	0.083	0.000	0.045	0.840	1.000
			Gap 1	1 Air		12.7											
			Glass 2	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☒	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000
			Gap 2	1 Air		12.7											
			Glass 3	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☒	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000
V4			Glass 1	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☐	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000
			Gap 1	1 Air		12.7											
			Glass 2	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☐	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000
			Gap 2	1 Air		12.7											
			Glass 3	19528 CET13-65_4.CSG.CSG	#	3.9	☐	0.289	0.399	0.530	0.692	0.083	0.087	0.000	0.840	0.045	1.000
V5			Glass 1	30020 Thermochromic2_24.LB	#	12.0	☒	0.229	0.054	0.045	0.545	0.065	0.065	0.000	0.840	0.840	1.000
			Gap 1	1 Air		12.7											
			Glass 2	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☒	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000
			Gap 2	1 Air		12.7											
			Glass 3	102 CLEAR_3.DAT	#	3.0	☒	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840	1.000

Impactul performanțelor elementelor de anvelopă vitrată asupra performanțelor energetice ale clădirii, confortului (thermic & luminos) și calității mediului interior

Tabelul 3.

Caracterizare sistem vitrat - Factorul de transmitanță termică U în centrul geamului

V1	Ufactor	SC	SHGC	Rel. Ht. Gain	Tvis	Keff	Layer 1 Keff	Gap 1 Keff	Layer 2 Keff		
	W/m2K			W/m2		W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K		
	2.646	0.807	0.702	531	0.786	0.1172	1.0000	0.0636	1.0000		
V2	Ufactor	SC	SHGC	Rel. Ht. Gain	Tvis	Keff	Layer 1 Keff	Gap 1 Keff	Layer 2 Keff	Gap 2 Keff	Layer 3 Keff
	W/m2K			W/m2		W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K
	1.746	0.786	0.684	511	0.742	0.0881	1.0000	0.0632	1.0000	0.0697	1.0000
V3	Ufactor	SC	SHGC	Rel. Ht. Gain	Tvis	Keff	Layer 1 Keff	Gap 1 Keff	Layer 2 Keff	Gap 2 Keff	Layer 3 Keff
	W/m2K			W/m2		W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K
	1.732	0.310	0.270	210	0.571	0.0902	1.0000	0.0633	1.0000	0.0698	1.0000
V4	Center of Glass Results		Temperature Data	Optical Data	Angular Data	Color Properties	Radiance Results				
	Ufactor	SC	SHGC	Rel. Ht. Gain	Tvis	Keff	Layer 1 Keff	Gap 1 Keff	Layer 2 Keff	Gap 2 Keff	Layer 3 Keff
	W/m2K			W/m2		W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K
V5	Ufactor	SC	SHGC	Rel. Ht. Gain	Tvis	Keff	Layer 1 Keff	Gap 1 Keff	Layer 2 Keff	Gap 2 Keff	Layer 3 Keff
	W/m2K			W/m2		W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K
	1.744	0.191	0.166	135	0.086	0.1088	1.0000	0.0634	1.0000	0.0700	1.0000

Tabelul 4.

Caracterizare sistem vitrat - Evoluția temperaturii în secțiunea transversală a sistemului vitrat

V1		Layer 1			Layer 2		
		Outside Air	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Inside Air
	Ufactor	-18.0	-14.5	-13.9	5.6	6.2	21.0
	SHGC	32.0	37.9	38.2	37.0	36.7	24.0

V2		Layer 1		Layer 2		Layer 3			
		Outside Air	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Inside Air
	Ufactor	-18.0	-15.7	-15.5	-1.8	-1.6	10.8	11.0	21.0
	SHGC	32.0	36.9	37.1	40.4	40.3	35.1	34.9	24.0

V3		Layer 1		Layer 2		Layer 3			
		Outside Air	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Inside Air
	Ufactor	-18.0	-15.4	-15.2	-1.6	-1.4	10.9	11.1	21.0
	SHGC	32.0	39.9	40.1	35.9	35.8	30.3	30.2	24.0

V4		Layer 1		Layer 2		Layer 3			
		Outside Air	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Inside Air
	Ufactor	-18.0	-16.2	-16.1	-5.5	-5.3	4.5	4.7	21.0
	SHGC	32.0	42.2	42.7	57.5	57.8	61.5	61.3	24.0

V5		Layer 1		Layer 2		Layer 3			
		Outside Air	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Outer Surface	Inner Surface	Inside Air
	Ufactor	-18.0	-15.7	-14.9	-1.2	-1.0	11.3	11.5	21.0
	SHGC	32.0	60.2	63.3	51.3	51.0	37.3	37.0	24.0

Observații.	• Evoluția temperaturii este prezentată distinct pentru perioada rece și cea caldă. • Pe suprafața interioară a sistemului vitrat se manifestă – <i>Efectul suprafețelor radiante reci la toate sistemele vitrate analizate în următoarea ordine : V4, V1, V2, V3, V5</i> – <i>Efectul suprafețelor radiante calde la toate sistemele vitrate analizate în următoarea ordine : V4, V5, V1, V2, V3</i>	Iarnă Vară

Tabelul 5.

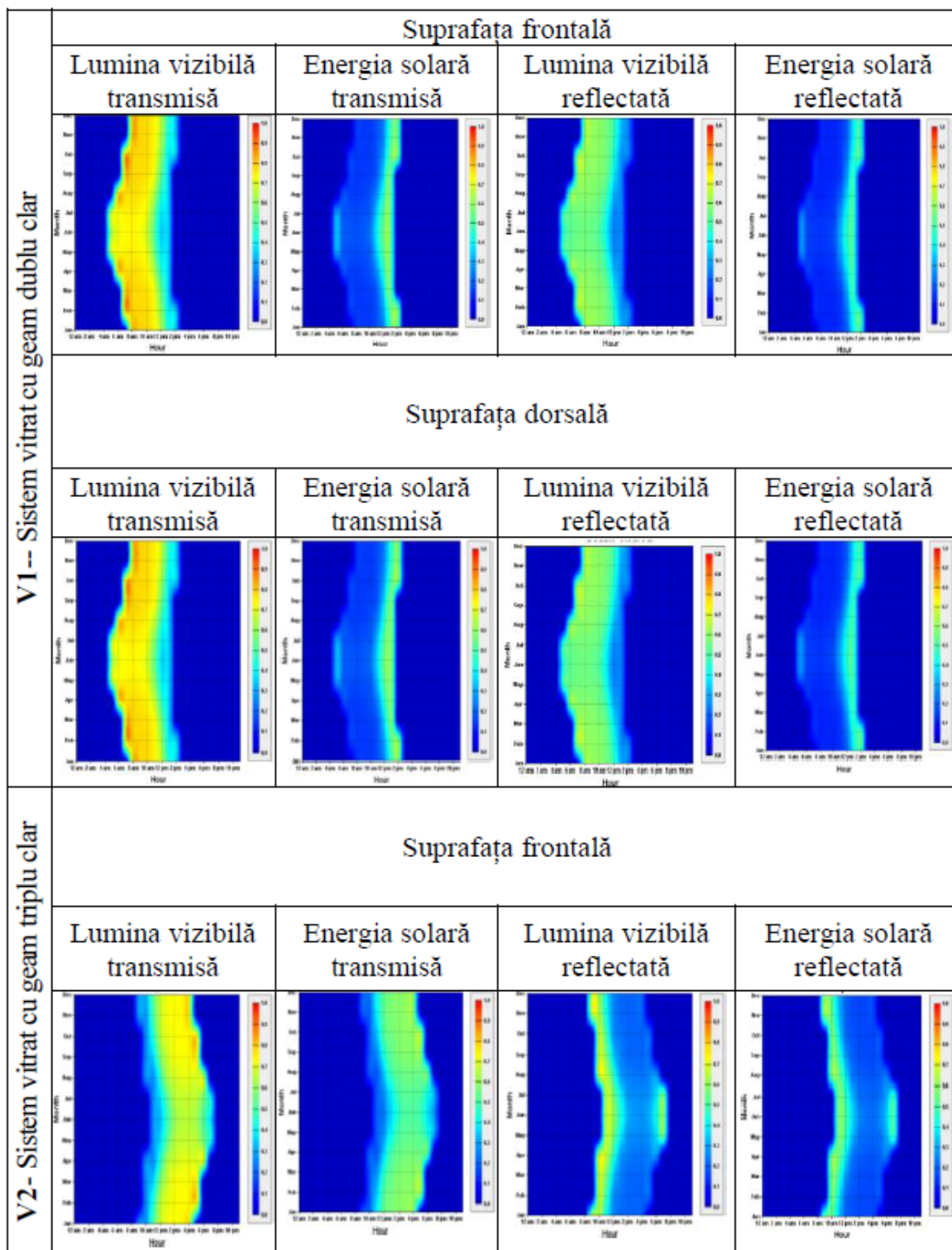
Caracterizare sistem vitrat - Caracteristicile optice ale sistemului de geamuri

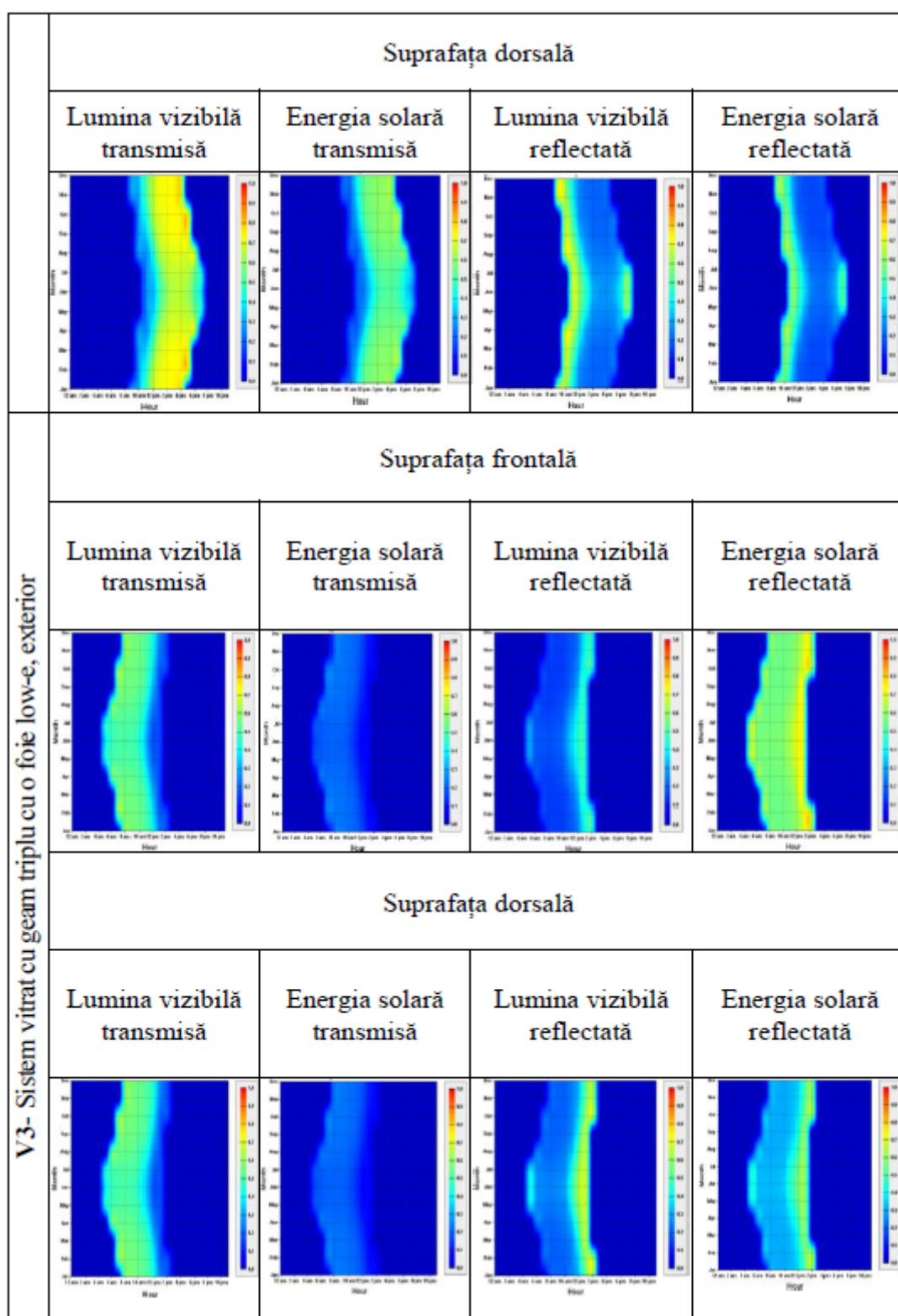
V1	Visible			Solar					UV			
	Tvis	Rfvis	Rbvis	Tsol	Rfsol	Rbsol	Abs1	Abs2	TdwK	TdwISO	Tuv	
	0.7861	0.1436	0.1436	0.6069	0.1141	0.1141	0.1664	0.1126	0.5242	0.6899	0.4626	
V2	Visible			Solar					UV			
	Tvis	Rfvis	Rbvis	Tsol	Rfsol	Rbsol	Abs1	Abs2	Abs3	TdwK	TdwISO	Tuv
	0.7415	0.2053	0.2053	0.5984	0.1671	0.1669	0.0998	0.0766	0.0682	0.5104	0.6573	0.4626
V4	Center of Glass Results Temperature Data Optical Data Angular Data Color Properties Radiance Results											
	Visible			Solar					UV			
	Tvis	Rfvis	Rbvis	Tsol	Rfsol	Rbsol	Abs1	Abs2	Abs3	TdwK	TdwISO	Tuv
	0.5771	0.2012	0.1549	0.2352	0.3106	0.5540	0.1229	0.1071	0.2241	0.2358	0.4177	0.0994
Observații.	Caracteristicile sticlelor utilizate în sistemele vitrate precum și structura acestora are un mare impact asupra mediului interior:											
	– Sticlele clare conduc la creșterea efectului de seră al cavității sistemului vitrat											
	– Prezența geamului termopan într-o poziție fixă (exterior/interior) poate avea efecte benefice într-un sezon și negative în alt sezon : este recomandat să se utilizeze un geam cu posibilitate de schimbare a suprafeței cu geam low-e interior/exterior în raport cu sezonul ;											
	– Prezența geamurilor low-e poate diminua substanțial radiația ultravioletă ajunsă la interior (T_{UV}) ceea ce se poate constitui într-un dezavantaj, cu impact asupra dezvoltării unor organisme biologice inddezirabile ;											

Impactul performanțelor elementelor de anvelopă vitratre asupra performanțelor energetice ale clădirii, confortului (thermic & luminos) și calității mediului interior

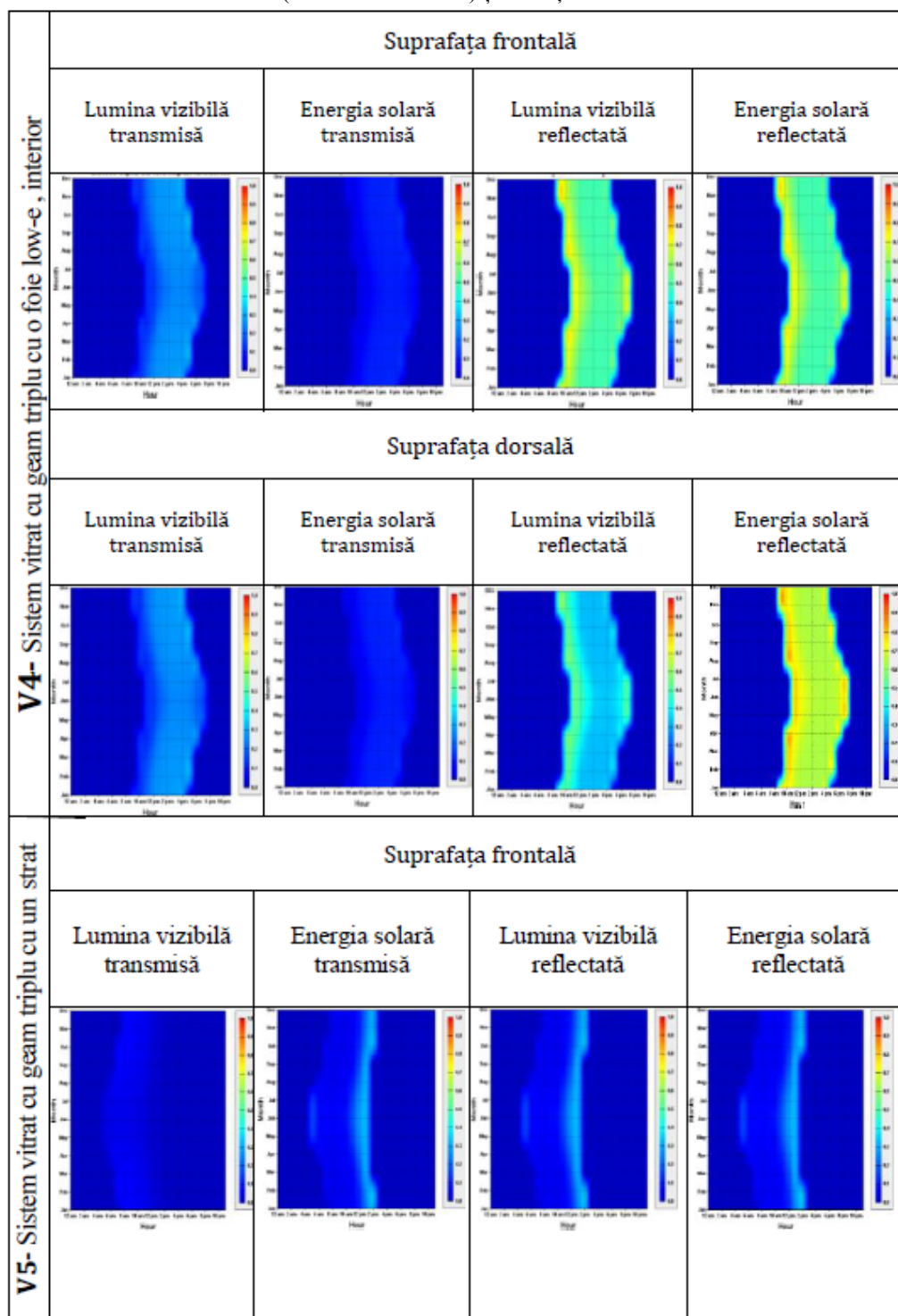
Tabelul 6

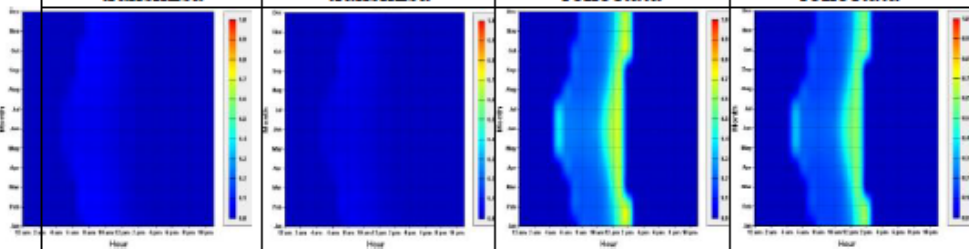
Caracterizare sistem vitrat





Impactul performanțelor elementelor de envelopă vitrată asupra performanțelor energetice ale clădirii, confortului (thermic & luminos) și calității mediului interior

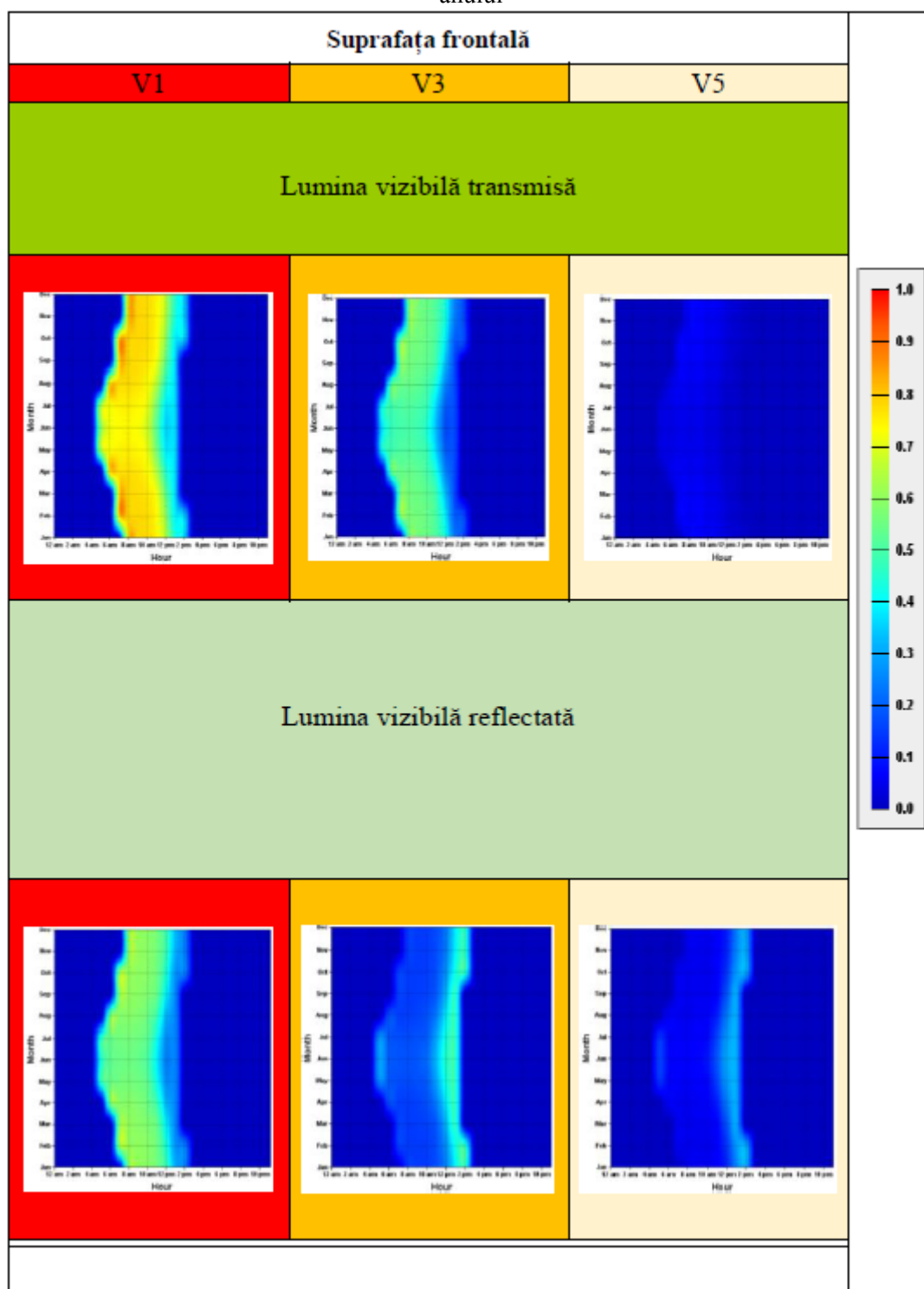


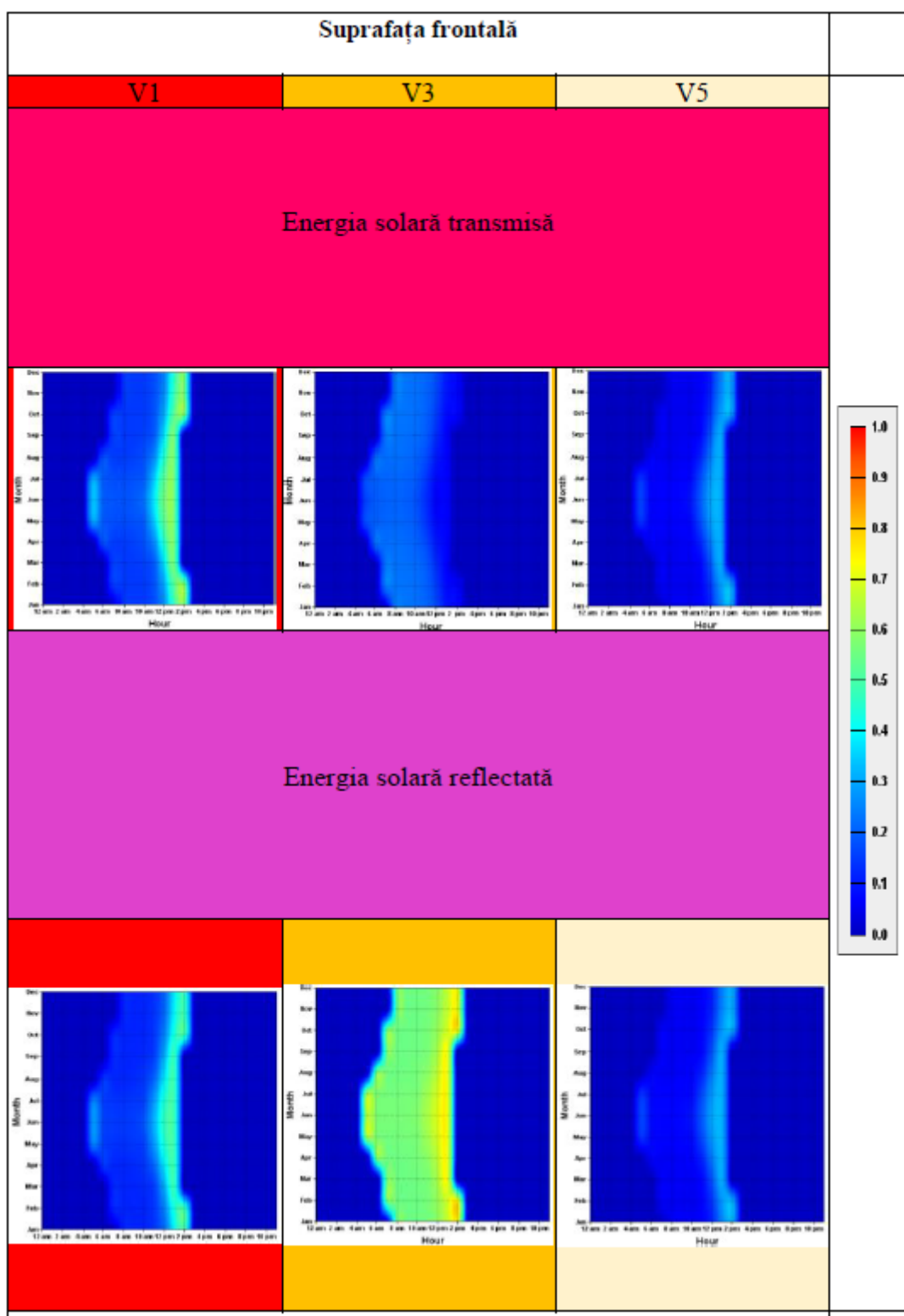
Suprafața dorsală				
	Lumina vizibilă transmisă	Energia solară transmisă	Lumina vizibilă reflectată	Energia solară reflectată
				
Observații				
V1 - Sistem vitrat cu geam dublu clar				
– Lumina este transmisă și de geamul frontal și de cel dorsal în proporție relativ mare: apare riscul de orbire pentru persoanele aflate în vecinătatea geamurilor ; – Energia solară transmisă este relativ mai mică și este reflectată aproape complet de geamul dorsal : efect de capcană solară				
V2- Sistem vitrat cu geam triplu clar				
– Lumina este transmisă și de geamul frontal și de cel dorsal în proporție relativ mare: apare riscul de orbire pentru persoanele aflate în vecinătatea geamurilor ; – Energia solară transmisă prin fața frontală este relativ mai mică decât radiația luminoasă, dar în proporție mai mare în raport cu V1. – Radiația luminoasă și energia solară transmisă de fața dorsală este mult mai mare în raport cu V1 – Radiația luminoasă reflectată de fața dorsală este mai redusă în raport cu V1 iar energia solară reflectată mai mare.				
V3 Sistem vitrat cu geam triplu cu un strat low-e (joasă energie/termopan) exterior;				
– Favorizează efectul de seră în cavitatea dintre geamuri				
V4. Sistem vitrat cu geam triplu clar sistem vitrat cu geam triplu cu un strat low-e (joasă energie/termopan), interior;				
– Efectul de seră este mult amplificat în raport cu v3.				
V5. Sistem vitrat cu geam triplu clar				
– Blochează trecerea luminii și energiei solare prin fața frontală peste limitele fixate : controlează deci fluxul luminos și energetic prin sticla specială (heliotropă/termotropică/termocromă).				

Impactul performanțelor elementelor de anvelopă vitrată asupra performanțelor energetice ale clădirii, confortului (thermic & luminos) și calității mediului interior

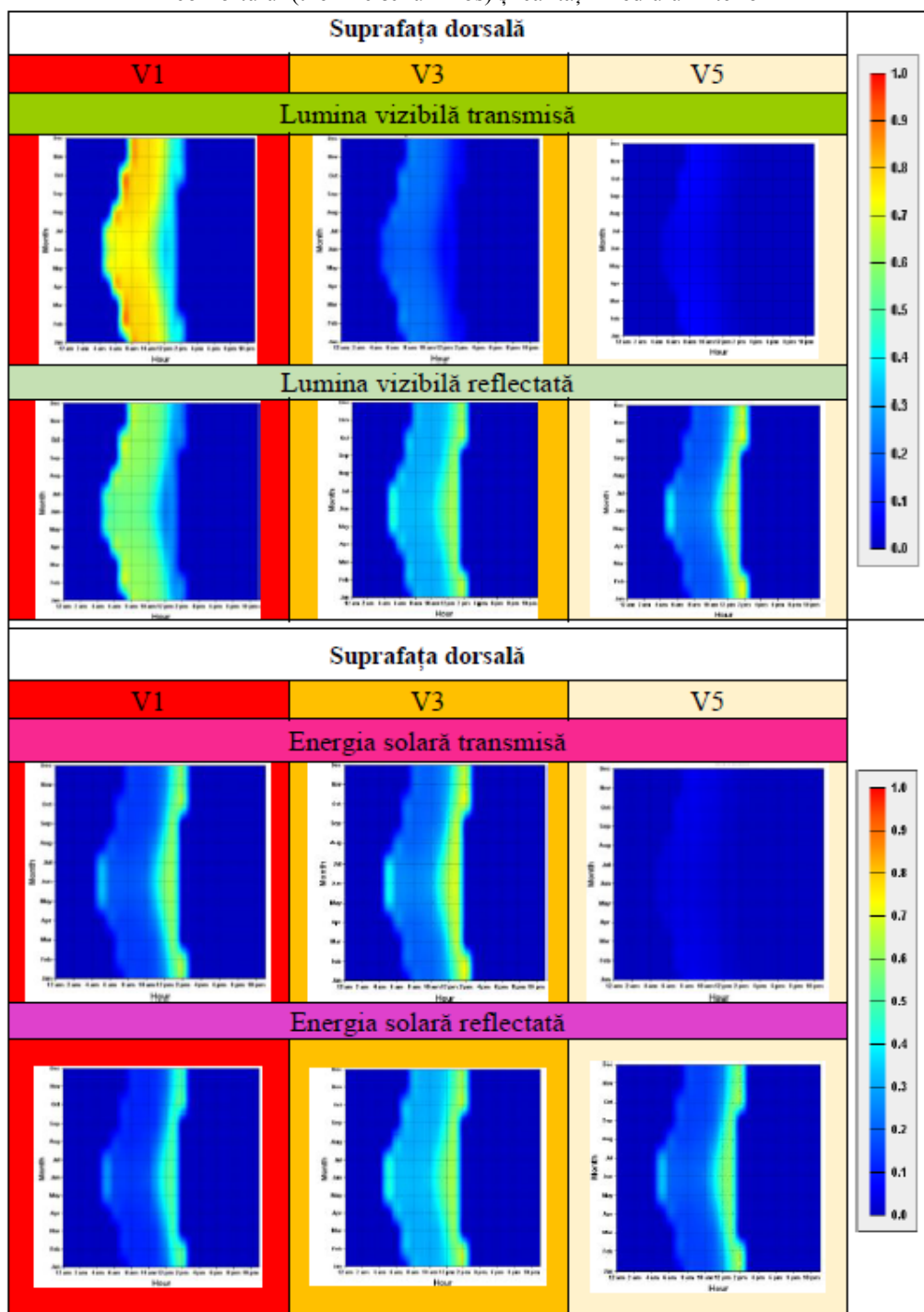
Tabel 7.

Reprezentarea grafică a fluxului luminos și energetic prin sistemele de geamuri analizate pe parcursul anului





Impactul performanțelor elementelor de anvelopă vitrată asupra performanțelor energetice ale clădirii, confortului (thermic & luminos) și calității mediului interior



5. Concluzii.

- Elementele de anvelopă vitrate au un mare impact asupra performanțelor energetice ale unei clădiri și asupra confortului termic și vizual al spațiului interior precum și asupra calității biologice a aerului interior;
- Analizele realizate au pus în evidență urătoarele aspecte:
 - V1-Geamurile duble vitrate, cu sticlă clară, au un coeficient de transmitanță termică ridicată ceea ce conduce la o pierdere de energie mare pe timp de noapte, iarna și

la creșterea aporturilor pe timp de vară și transformarea cavității dintre geamuri într-o capcană solară. În condițiile de climat considerat nu pot fi utilizate pentru clădirile NZEB.

– V2- Geamurile triplu vitrate, cu sticlă clară, au un coeficient de transmitanță termică mai mic în raport cu varianta v1, dar totuși ridicat ceea ce conduce la o pierdere de energie mare pe timp de noapte, iarna și la creșterea aporturilor pe timp de vară și creșterea efectului de seră în cavitatea dintre geamuri. În condițiile de climat considerat nu pot fi utilizate pentru clădirile NZEB.

– V3- Geamurile triplu vitrate, cu o foaie de geam low-e plasată la exterior, au un coeficient de transmitanță mai mic în raport cu varianta v, ceea ce conduce la o pierdere de energie mare pe timp de noapte, iarna și la creșterea aporturilor pe timp de vară și transformarea cavității dintre geamuri într-o capcană solară. În condițiile de climat considerat nu pot fi utilizate pentru clădirile NZEB.

– V4- Geamurile triplu vitrate, cu o foaie de geam low-e plasată la interior, au cel mai mic coeficient de transmitanță termică, un comportament bun pe perioada de iarnă, dar deficitară în perioada estivală. O soluție posibilă de creștere a performanțelor energetice ar consta în inversarea poziției exterior-interior a geamului termopan prin rabatarea geamului.

– V5- Utilizarea unui geam special (heliotrop, termocromic, termotrop, electro-cromic, ...) permite controlul pasiv sau activ al sistemului de geamuri respectiv controlul transferului luminii și energiei solare. Se reduce puternic transferul de căldură spre interiorul clădirii iar procesul de transfer se adaptează continuu într-o gamă de temperaturi, obținându-se un echilibru natural și utilizarea maximă a luminii de zi. Prin design, ferestrele termocromice ajută la reducerea orbirii, atenuarea zgomotului și la creșterea siguranței.

Bibliografie:

- [1]. Victoria Cotorobai, Theodor Mateescu, Magda-Maria Munteanu, Metode de caracterizare a ambianței termice interioare în activitatea de concepere a clădirilor pasive. Conferința Instalații pentru Construcții și economia de energie, Iași, 2009, Editura Cermi, ISSN 1843-3510
- [2]. ASHRAE Standard 55-2004. Thermal environment conditions for human occupancy.
- [3]. SR EN 15251, 2007, Criteria for the Indoor Environment including thermal, indoor air quality, light and noise.
- [4]. ASHRAE Standard 55-1992, 2004. Thermal environment conditions for human occupancy.
- [5]. ASHRAE Handbook, 2013.
- [6]. CIBSE Guide A. 2006.
- [7]. CIBSE Guide A3, Appendix 3.A6.
- [8]. STAS 13149. Fizica construcțiilor, ambianțe termice moderate. Determinarea indicilor PMV și PPD și nivele de performanță pentru ambianțe.
- [9]. <https://windows.lbl.gov/tools/window>
- [10]. www.energyplus.com
- [11]. <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>
- [12]. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>
- [13]. http://www.Californian_energy_code
- [14]. <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/>
- [15]. www.meteonorm.com, ID client EEKF-NABE-HIGN-HHED