

PET- IN VEČKOMORNI PROZORNI IZOLACIJSKI PANEL QBISS AIR FIVE AND MORE-CHAMBER, TRANSPARENT, INSULATED PANEL QBISS AIR

mag. Aleš Kralj, univ. dipl. inž. stroj.

ales.kralj@cbs-institut.si

dr. Matjaž Žnidaršič, univ. dipl. inž. stroj.

matjaz.znidarsic@cbs-institut.si

dr. Mojca Japelj Fir, prof. kem.

mojca.fir@cbs-institut.si

Peter Lampič, univ. dipl. prav.

peter.lampic@trimo.si

CBS inštitut, d. o. o., Prijateljeva cesta 12, 8210 Trebnje

Trim, d. d., Prijateljeva cesta 12, 8210 Trebnje

Znanstveni članek

UDK: 66.045:692.23:699.8

Povzetek | V prispevku je predstavljen učinkovit sistem prozorne toplotne in zvočne izolacije, ki ga je CBS inštitut, d. o. o., razvil v sodelovanju s podjetjem Trim, d. d. Osnovni princip delovanja temelji na sistemu dveh plošč z zadostno maso in ustrezno trdnostjo, ki skupaj s 100-milimetrsko izolacijsko sredico in integrirano podkonstrukcijo tvorita celovit fasadni element. Maksimalna dimenzija elementov 4000 mm x 1250 mm pri debelini 130 mm omogoča zvočno izolirnost najmanj 46 dB ter toplotno prehodnost skozi center stekla (U_g) pod $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ in toplotno prehodnost celotnega sistema (U_w), z upoštevanim učinkom prehoda toplote skozi robove, tudi pod $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Z novim izdelkom se rešuje problem toplotnoizolacijskih panoramskih zasteklitev, kjer toplotne prehodnosti U_w pod $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ doslej niso bile tehnično dosegljive. Z našim novim proizvodom, prozornim elementom Qbiss Air, odpravljamo tudi potrebo po senčenju stene zaradi sončnega obsevanja, saj lahko dosegamo koeficient sončnih dobitkov (g) v rangi 0,1.

Ključne besede: prosojna toplotna izolacija, izolacijsko steklo, večkomorni panel, fasadni element

Summary | An effective system of transparent thermal and sound insulation, developed by CBS Institute d. o. o. in cooperation with Trim, d. d. is presented in this paper. The product is based on two glass panels with sufficient mass and strength, which together with the 100 mm insulating core and integrated substructure, forms a comprehensive facade element. The maximum dimension of the elements is 4000 mm x 1250 mm. The 130 mm thickness of the element provides sound impedance of at least 46 dB and thermal transmittance through the center of the glass (U_g) of $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. The thermal transmittance of the entire system (U_w), taking into account the effect of the leakage of heat through the edges, even under $0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$. The new product solves the problem of thermal insulation in panoramic glazing where so far heat thermal transmittance U_w of under $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$, has not been technically achievable. With our new product, the transparent Qbiss Air element, we also do not need extra shading, as the element can achieve the solar heat gain coefficient (g) in the range of 0.1.

Key words: transparent thermal insulation, insulated glazed unit, multi-chamber panel, facade element.

1 • UVOD

Omejeni lahko dostopni naravni viri energije in posledična rast cene nafte so v zadnjih letih izredno pospešili razvoj novih načinov pridobivanja energije in predvsem varčevanja z njo na vseh področjih. Delež energije iz termoelektrarn se je na razvijajočem se vzhodu zelo povečal in z izpusti predstavlja pomemben škodljiv vpliv na okolje. Energija iz hidroelektrarn je sicer dokaj zanesljiv vir, vendar ni več možnosti za bistveno povečanje deleža hidroenergije. Alternativni viri energije vetra, biogoriva, biomase itd. pa ne predstavljajo prelomnice v globalni energetski oskrbi zaradi majhne trenutne razpoložljivosti teh virov.

Odgovor vidimo tudi v zmanjšani porabi energije, še zlasti na področju stavbnih objektov.

V zadnjih letih se je pri gradnji v gospodarsko razviti Evropi in tudi v Sloveniji veliko storilo v smeri varčne rabe energije. Z državnimi predpisi in zahtevami po dodatni izolaciji stavb se je pospešil razvoj izolacijskih materialov z boljšimi toplotnoizolacijskimi lastnostmi.

Pri prozornih gradbenih sistemih v zadnjem času ni bilo večjega napredka. Nekaj časa so se veliki upi vlagali v t. i. vakuumsko izolacijska stekla (VIG), vendar se je izkazalo, da VIG na splošno delujejo slabše od običajnih, z argonom polnjenih izolacijskih stekel (IGU) zaradi velikih toplotnih izgub skozi robna tesnila (Weinländer, 2005). Razvoj večkomornih izolacijskih stekel je nekako obvisel pri dvokomornih, znanih tudi kot izvedba s trojno zasteklitvijo (Jelle, 2012).

Pri slednjih je pogoj rabe kaljenih stekel debeline največ 6 mm vsaj na eni strani zasteklitve, da je omogočeno »dihanje« panela s spreminjajočim se tlakom plina v notranjosti komor panela, ki nastane zaradi širjenja plina pri visokih temperaturah in krčenja plina pri nizkih temperaturah. Večje debeline stekla pri manjših oknih zaradi svoje togosti ne dopuščajo ustreznega vbočenja oziroma izbočenja. Za panoramska stekla na visokih stavbah je raba debelih stekel nujna na zunanji kot tudi notranji strani. Na zunanji strani morajo biti stekla debela najmanj 8 mm zaradi odpornosti proti podnebnim vplivom, na notranji pa pogosto več kot 10 mm, da se zagotovi varnost uporabnikov stavbe tako, da slednji nikakor ne morejo pasti ven. Pri večjih oknih se pojavi za arhitekto nesprejemljivo vbočenje in izbočenje stekla, ki je posledica krčenja oziroma raztezanja izolacijskega plina zaradi temperaturnih sprememb.

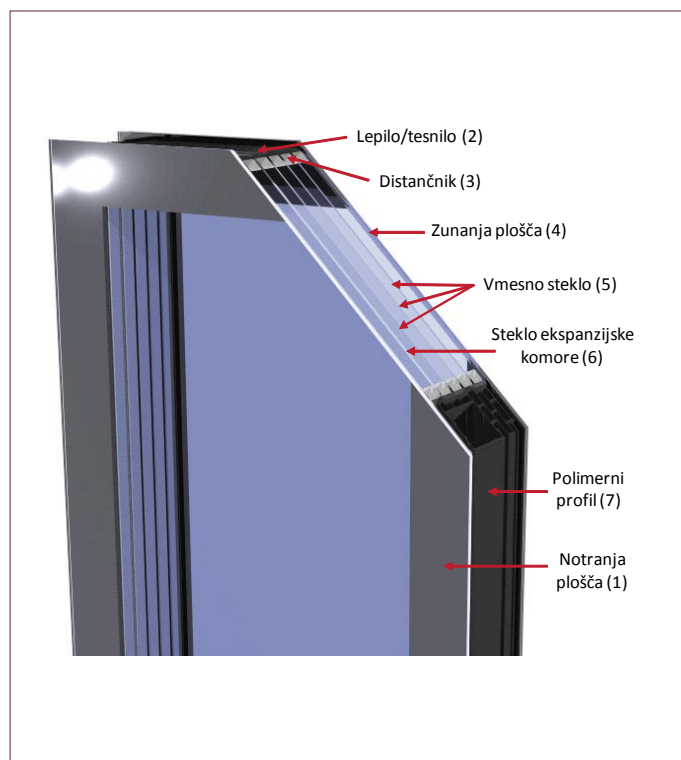
2 • SESTAVA PROSOJNEGA IN PROZORNEGA IZOLACIJSKEGA PANELA QBISS AIR

Leta 2011 je Trimo začel tržiti visokoizolacijski večkomorni, s plinom polnjeni gradbeni element pod blagovno znamko Qbiss Air

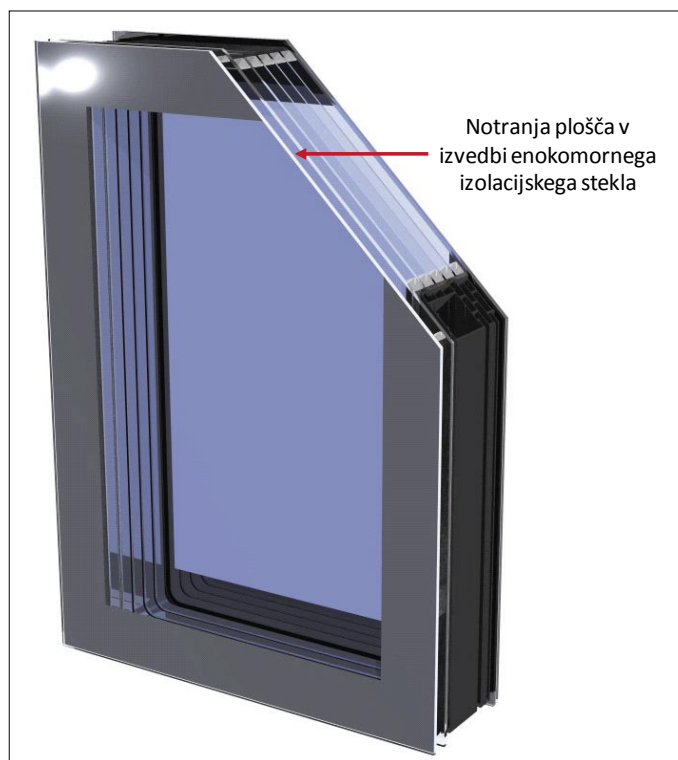
(<http://www.qbiss.eu>). Prva različica tega gradbenega elementa je bila neprosojni in neprozorni Qbiss Air ((Japelj, 2012), (Kralj,

2011), (Žnidaršič, 2010)). Z nadaljnjim razvojem smo osnovni Qbiss Air nadgradili v prosojni in prozorni Qbiss Air, ki je v nadaljevanju besedila podrobneje predstavljen in smo ga označili s kratico QATT.

Osnovni princip delovanja QATT temelji na sistemu dveh steklenih plošč z zadostno maso in ustrezno trdnostjo, ki skupaj s 100-



Slika 1 • Glavni sestavni deli QATT5



Slika 2 • Prozorni QATT s šestimi komorami (QATT6)

milimetrsko izolacijsko sredico in integrirano podkonstrukcijo tvori celovit fasadni element (slika 1). Med steklenima ploščama je

toplotno izolacijski vložek, sestavljen iz petih komor, ki so ločene s tankimi vmesnimi stekli. V posamezni komori je izolacijski plin argon

z nizko toplotno prevodnostjo, ki skupaj z nizkoemisijскими nanosi na steklih učinkovito zavira prehod toplote. Ena izmed komor je urejena v posebno ekspanzijsko komoro, ki omogoča raztezanje in krčenje izolacijskega plina v preostalih komorah.

V osnovni postavitvi ima QATT pet komor (krajše QATT5, slika 1). Ker pa lahko na notranji strani gradbenega elementa namesto steklene plošče vgradimo eno- ali dvokomorno izolacijsko steklo, imamo lahko QATT tudi s šestimi (QATT6, slika 2) oziroma sedmimi (QATT7) komorami. V preglednici 1 so podrobneje predstavljeni glavni sestavni deli QATT.

Da bi preprečili morebitno kondenzacijo vodne pare iz zraka v ekspanzijski komori med stekloma 1 in 6, smo morali konfigurirati naš panel tako, da je večina izolacijskih, s plinom napolnjenih komor nameščenih proti zunanosti stavbe. To so prve štiri komore od stekla z oznako št. 4 na sliki 1. Dodatno pa lahko brez škode v našem primeru eno ali dve s plinom napolnjeni izolacijski komori dodamo še na notranji strani panela (gl. steklo št. 1 v preglednici 1 in sliko 2) ter tako dobimo kompozicijo značilno za QATT6 oziroma QATT7.

1	Notranja plošča je lahko monolitna ali lepljena samostojna steklena plošča (QATT5), lahko je narejena v izvedbi enokomornega izolacijskega stekla (QATT6 – izvedba na sliki 2) ali dvokomornega izolacijskega stekla (QATT7).
2	Posebno, toplotno izolacijsko polisulfidno lepilo/tesnilo.
3	Hibridni distančnik.
4	Zunanja plošča: kaljeno ali kaljeno lepljeno steklo s posebnimi optičnimi lastnostmi.
5	Visokoprepustno tanko vmesno (nekaljeno) steklo z nizkoemisijским nanosom (low-E) in luknjico za izenačitev tlaka med zunanjimi komorami (od zunanje plošče (4) do kaljenega stekla ekspanzijske komore (6)).
6	Kaljeno steklo ekspanzijske komore: tipična debelina je 3,8 mm z nanosom low-E, ki se lahko v sredini izboči ali vboči za 18 mm za potrebe uravnavanja širjenja ali krčenja plina v zatesnjenih komorah, ki so obrnjene proti zunanosti stavbe.
7	Poliamidni strukturni profil, ki strukturno povezuje stekli 1 in 4.

Preglednica 1 • Glavni sestavni deli QATT-panela

3 • NOVI KONCEPTI

3.1 Prehod na pet- in večkomorne tehnične rešitve

V tehniki za uporabo v gradbeništvu ne najdemo več kot trikomorne izolacijske panele s skupno debelino izolacijskih komor do 40 mm. Več kot trikomorne panele se za zdaj izdeluje le kot okenca za različne preizkuševalne komore, kjer ni zahtev po večji debelini stekel. Panele z večjo skupno debelino izolacijskih komor ne moremo uporabiti v gradbeništvu, saj so vbočenja in izbočenja stekla zaradi temperaturnega razširjanja ali krčenja izolacijskega plina prevelika. Načeloma bi lahko za še večje pomike uporabili tanjša kaljena stekla vsaj na eni strani zasteklitvenega panela. Težava tankih stekel je v tem, da je najmanjša debelina stekel (za večje dimenzije nad 3 x 1 m), ki jo še lahko kalimo, 6 mm, varnostne zahteve za visoke gradnje, kjer bi se taki paneli prvenstveno uporabljali, pa narekujejo uporabo debelin stekla 8 mm in več. Debelina stekla nad 6 mm zaradi svoje togosti ne omogoča več »dihanja« panela s spremembami temperature, ki povzročajo



Slika 3 • Primer dvokomornega stekla s 40 mm plinske izolacije pri -20 °C. Zunanje steklo se je vbočilo za več kot 5 mm

širjenje ali krčenje izolacijskega plina v njem. Povečan tlak v poletnem času bi povzročil razslojitev panela. V hladnem vremenu pa bi se zaradi vbočenja panela zmanjšala skupna debelina steklenega panela, kar bi se odrazilo v izgubi toplotnoizolacijske sposobnosti panela. Dvokomorni panel s skupno debelino plinske izolacije 40 mm se lahko vboči tudi za več kot 5 mm na vsaki strani (slika 3).

Da bi omogočili prehod na večkomorne rešitve brez zgoraj opisanih omejitev, smo se odločili preskočiti tri- in štirikomorne izvedbe. Pet- in večkomorne izvedbe imajo zaradi omejevanja konvekcije izolacijskega plina (v našem primeru argona) debelino posamezne komore med 18 in 20 mm) (Japelj, 2012). Pri pet-, šest- in sedemkomornih izvedbah lahko eno komoro napolnimo z zrakom namesto s plinom. Zračna komora, ki jo imenujemo tudi ekspanzijska, je odprta proti okoliškemu zraku in omogoča sosednjim komoram »dihanje« znotraj panela (slika 1: ekspanzijska komora). Notranje stene zračne komore žal ne morejo izkoriščati prednosti, ki jih ponujajo visokoučinkoviti mehki nizkoemisijski nanosi na steklu, ker bi jih stik z vlago iz zraka poškodoval. Načeloma bi lahko za notranje stene ekspanzijske komore uporabili manj učinkovit, trd nizkoemisijski nanos, a se zaradi tehničnih težav nanašanja trdega in mehkega nanosa na isto (ekspanzijsko) steklo, vsakega na svojo ploskev, za to rajši nismo odločili.

3.2 Potrebna je opustitev zbiranja sončnih dobitkov skozi okna – GULT

V preteklih letih je bilo zelo razširjeno računanje toplotnih dobitkov skozi okna. Za okna se je glede na osončenje celo podajal parameter letne energijske bilance okna, ki je bila v nekaterih primerih lahko celo pozitivna. Izračun energetske bilance osončenega okna sloni na premisi, da lahko sončna toplotna energija, prepuščena skozi okno v ogrevan prostor, nadomesti ali celo preseže toplotne izgube zaradi zimskih temperaturnih razlik. V praksi pa se izkaže, da so realni prihranki energije zaradi sončnega obsevanja bistveno manjši od računskih. Sončni dobitki so povezani z akumulacijo sončne energije v specifični toplotni kapaciteti notranjosti obravnavane stavbe. Ideja akumulacije toplote je na predpostavki, da bodo prebivalci take stavbe mirno prenašali nizke jutranje temperature okrog 18 °C, ki bi preko dneva (v času sončnih dobitkov) naraščale tudi za pet in več stopinj Celzija. V praksi zaznavajo ljudje temperaturno ugodje v precej ozkem temperaturnem območju (22 ± 1 °C), zato je takšen sistem

shranjevanja toplote zanje moteč in ga iz nevednosti ovirajo. Če je prebivalec stavbe pozimi zaradi sončnega segrevanja prostora pretoplo, bodo odprla okna (ali celo klimatizirali), če pa jim bo zjutraj prehladno, bodo uporabili dodatno ogrevanje. Raziskava rabe energije energijsko varčnih hiš v nemškem naselju Scharnhauser Park (projekt Polycity) (Eicker, 2012) je pokazala, da je dejanska raba energije povsem odvisna od navad njenih prebivalcev in zelo malo od načina, kako so si stavbo zamislili arhitekti in projektanti.

Zelo vprašljiva je tudi pravilna raba senčil. Avtorji članka smo z lastnim opazovanjem rabe senčil in pogovorom z nestrokovnimi uporabniki senčil opazili naslednja miselna vzorca uporabnikov senčil:

1. Poleti se senčila odprejo, da je lepo svetlo in da ni treba uporabljati luči.
2. Pozimi se senčila močno priprejo ali povsem zaprejo, da nizko sonce ne blešči v oči oziroma da je okno bolj izolirano.

Nehote prvi in drugi povečujejo rabo energije v nasprotju z namenom rabe senčil. Avtorji članka ocenjujemo, da je takšna napačna raba senčil pretežna med nestrokovnimi uporabniki in bi jo bilo treba vsekakor raziskati tudi formalno, saj je koncept solarnih dobitkov pri gradnji napačen, če dejavnik uporabniške napake ni upoštevan.

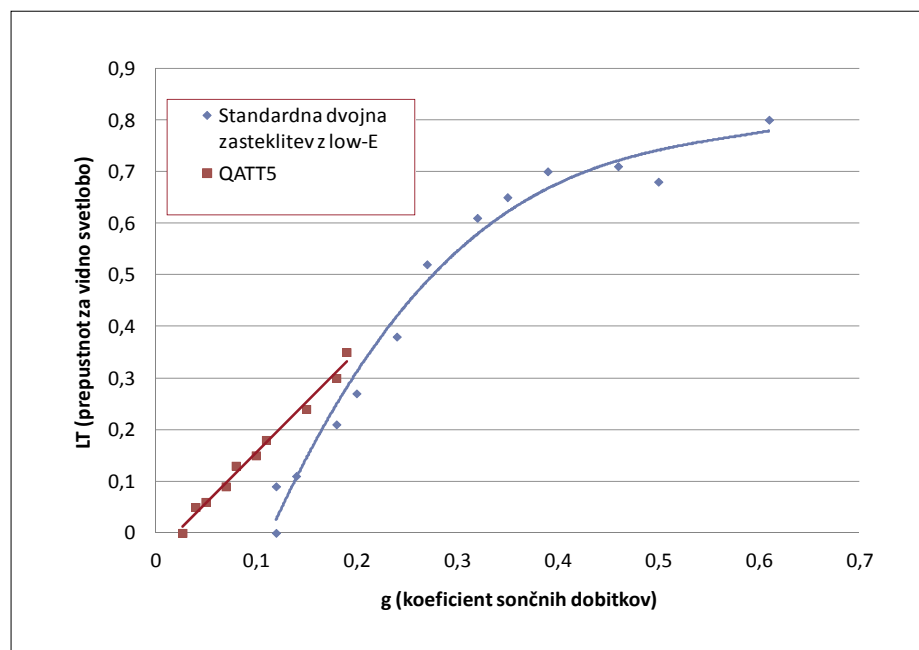
Pri avtomatiziranih motornih senčilih se pojavljajo druge težave. Motorji senčil v poletnih

mesecih prilagajajo senčila že zelo zgodaj zjutraj. Izkušnja enega izmed avtorjev, ki je poleti nekaj časa prebival v nemškem hotelu (Park hotel Bremen), opremljenim z robotiziranimi senčili, je, da po 5.30 zjutraj v poletnem času ni mogoče več spati, saj so se senčila vsakih 30 min. prilagajala s precej motečim zvokom.

Zunanja senčila so lahko estetska motnja za arhitekturni videz stavbe, predstavljajo pa tudi pokvarljivo napravo, ki ob odpovedi pokvari energijsko bilanco stavbe.

Po našem mnenju je za predvidljivost energijske rabe neke stavbe bolje sončne dobitke čim bolj omejiti. Hkrati pa je treba preprečiti uporabnikom, da bi sončne dobitke lahko kakorkoli povečali preko meje, določene v načrtu stavbe. Če so sončni dobitki (oznaka g) osončenih okenskih površin v rangi $g = 0,1$, potem tudi dodatno senčenje ni potrebno. Da bi lahko za nizkoenergijsko stavbo uporabili okno, ki za svojo energijskovarčno funkcijo ne izkorišča sončnih dobitkov, mora biti toplotna prehodnost (U_w) okna zelo nizka. Dosegljive toplotne prehodnosti oken (U_w) z danes znano trojno zasteklitvijo, ki so v rangi od 0,6 do 1 W/m²K, ne zadoščajo. Potrebne so toplotne prehodnosti U_w v rangi 0,2 do 0,5 W/m²K, ki so dosegljive ob uporabi pet- do sedemkomornih, s plinom polnjenih panelov.

Gradnja večkomornih QATT-panelov ima poleg problema ekspanzije plina tudi probleme



Slika 4 • Primerjava relacije med LT in g za standardno enokomorno zasteklitev in QATT5. Posamezne točke na sliki so izračunane s programom LBNL, Window 7, pri čemer so uporabljene dejanske kombinacije zasteklitev s čim višjimi selektivnostmi pri zunanjem steklu (s čim višjim razmerjem LT/g)

pri doseganju nizkih vrednosti za sončne dobitke, temperaturnih napetosti v tankih notranjih steklih (slika 1) in doseganju čim večje prepustnosti za vidno svetlobo (LT). Ker so parametri g , U in LT prosojnih in prozornih panelov prepleteni in odvisni med seboj, smo povezane lastnosti poimenovali s kratico GULT.

Pri enokomorni izvedbi (običajna dvojna zasteklitev z nanosom low-E in izolacijskim plinom) je najnižja dosegljiva vrednost za g pri 0,12. In še to pri svetlobni prepustnosti (LT), ki je enaka nič (slika 4). Sončni dobitki (g) so sestavljeni iz sončne svetlobne energije, ki je prepuščena neposredno skozi zasteklitev, in toplotnega dela energije, ki pronica v prostor posredno kot posledica prehoda toplote od zunanjega stekla do notranjosti stavbe. Zunanje steklo pa tudi preostala stekla v sestavi okna v vsakem primeru absorbirajo nekaj sončne svetlobe in se zato segrevajo bolj, kot je temperatura okolice. Stekla (tudi refleksna), ki prepuščajo zelo malo svetlobe, se zato precej grejejo in tako povzročajo porast konstante sončnih dobitkov preko mehanizma prehoda toplote od zunanjega stekla do notranjosti stavbe. Pri klasični dvojni zasteklitvi dosežemo izenačenje $LT = g$ šele pri $LT = g = 0,16$, šele pri $LT > 0,16$ pa je lahko vrednost LT večja od g vrednosti. Prepustnost vidne svetlobe (LT) je lahko večja od prepustnosti za celotno sončno sevanje, zato ker lahko infrardeči del sončne svetlobe, ki predstavlja približno polovico vpadne energije, zavrnemo s selektivnimi stekli. To pomeni, da s konvencionalno enokomorno (dvoslojno) zasteklitvijo doseganje $g = 0,1$ sploh ni mogoče (slika 4).

Šele sistemi s trojno in večkratno zasteklitvijo imajo dovolj nizke toplotne prehodnosti skozi steklo (U_g), da je dosegljiva g vrednost okoli 0,1, pri čemer je v zasteklitvenem sestavu uporabljeno zunanje steklo z nizko prepustnostjo za vidno svetlobo. V primeru petkomornega QATT5 je vrednost $U_g = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar nam omogoča doseganje teoretično najnižjega $g = 0,025$, pri $LT = 0$. Pri $g = 0,1$ pa je LT že lahko sprejemljivih 0,16 (16 %). 16-odstotna svetlobna prepustnost pri panoramski zasteklitvi stene, presenetljivo, že zadošča za normalno branje v bližini okna ob oblačnem vremenu, kar smo preizkusili na Norveškem v sodelovanju z Norwegian University of Science and Technology iz Trondheima. Namen raziskave je bila evalvacija prosojnih QATT-panelov za gradnjo čitalnice v Deichmanske Library v Oslu (Norveška), slika 5.



Slika 5 • Knjižnica Deichmanske Library v Oslu, arhitekturni biro Lund Hagem

Preostala nam je še razlaga problema temperaturnih napetosti v tankem vmesnem steklu, označenim s številko 5 na sliki 1. Zakaj smo za vmesno steklo sploh izbrali tanko vmesno nekaljeno steklo Float? Paneli QATT imajo precejšnjo maso zaradi številnih stekel in nadaljnje povečanje mase, debeline panela in stroškov z vmesnimi stekli niso bili zaželeni. Kaljena stekla so tudi dodatno izpostavljena tveganju spontanega loma. Z vidika tveganj in stroškov izdelka v garancijski dobi je kljub uporabi testa Heat soak na kaljenih steklih (ta z veliko verjetnostjo izloči stekla, pri katerih bi se lahko morebiti zgodil spontani lom) zaželeno zmanjšati število kaljenih stekel v posameznem panelu na minimum. Nekaljena stekla so lahko tudi tanjša. V našem QATT smo se odločili za uporabo nekaljenih stekel Float

z nanosom low-E, z visoko prepustnostjo za svetlobo in debeline 2 mm. Zahteva za visoko svetlobno prepustnost pri vmesnih steklih je pogojena z nizko absorpcijo svetlobe, tako vidne kot infrardeče, da se zaradi svetlobe, ki je prepuščena skozi zunanje steklo (označeno s številko 4 na sliki 1), vmesna stekla ne segrejejo preveč. Nekaljena stekla Float prenesejo največ 55 K temperaturne razlike. Pri večji temperaturni razliki se praviloma zgodi lom stekla zaradi temperaturnih napetosti. Z izbiro zunanjih stekel, s katerimi dosežemo g vrednost med 0,1 in 0,2, izpolnimo pogoj, da se na tankih vmesnih steklih tudi v primeru potujoče sence nikoli ne ustvari temperaturna razlika, večja od 40 K. Omenjeno hipotezo smo po računskem preverjanju preverili tudi eksperimentalno (slika 6).



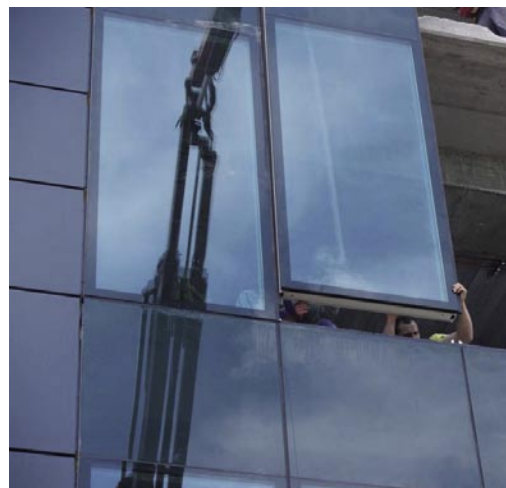
Slika 6 • Preizkus tankih vmesnih stekel pri QATT7 na temperaturne napetosti delno senčenega panela smo opravili 21. junija 2012 okoli 11. ure dopoldne pri temperaturi okolice 31 °C. Preizkusna stekla so bila obrnjena proti soncu in nagnjena nazaj za 20°. Pri preizkusu smo naredili polovični senci, kot je prikazano na sliki (levo in desno), vsako po najmanj 30 minut, tako da so se lahko na notranjih tankih steklih ustvarile največje temperaturne napetosti

3.3 Uporaba strukturnega stekla namesto aluminijastih okvirjev

Zastekljeni fasadni sistemi za visoke gradnje so običajno izvedeni po sistemu obešenih fasadnih panelov, ki se na stavbno gradbišče pripeljejo že izdelani in se jih samo namesti na ustrezna, vnaprej predvidena mesta na stavbi (slika 7). Današnji sistemi zastekljenih obešenih fasad so dveh tipov:

a) takšni, kjer je izolacijsko steklo vstavljeno v aluminijast okvir, ki daje panelu togost, in
b) takšni, kjer je izolacijsko steklo »strukturno« prilepljeno na tog aluminijast okvir (slika 7). Strukturno lepljenje je certificiran postopek lepljenja z gumielastičnim lepilom, ki zagotavlja trajno lego stekla na zunanji strani stavbe za čas življenjske dobe takega fasadnega ovoja. V obeh zgoraj navedenih izvedbenih primerih izdelave štrli aluminijast okvir v bivalni prostor. Globina štrline je od 70 mm do 300 mm, odvisno od zahtevane nosilnosti.

V primeru prozornih panelov Qbiss Air imamo vselej na voljo dve kaljeni stekli (slika 1: stekli, označeni s številčkama 1 in 4) debeline 6 mm ali več, ki sta med seboj razmaknjeni za 100 mm. Kaljeno steklo ima upogibno trdnost nad 120 MPa. Če ti dve stekli strukturno prilepimo med sabo z nekim toplotnoizolativnim veznim konstrukcijskim elementom širine 100 mm, dobimo togo strukturo panela. V



Slika 7 • Primer gradnje s paneli Qbiss Air (QA), ki izkoriščajo 100-milimetrsko razdaljo med zunanjo in notranjo ploščo s strukturno povezavo

našem primeru smo ta vezni konstrukcijski element (slika 1, označen s številko 7) izdelali iz ekstrudiranega poliamida 6.6 s 40 % steklenih vlaken. V tem poliamidnem profilu je tudi odprtina, v katero je mogoče potisniti jeklen ojačitveni profil 50 x 30 x 2,5 mm ali 50 x 30 x 5 mm. Dodani jekleni profil pri daljših panelih preprečuje viskoelastične histerezne pojave, zaradi katerih bi panel z leti lahko postal izbočen ali vbočen, in seveda dodatno povečuje togost panela. Togost je

potrebna za doseganje odpornosti panelov na obremenitve vetra (Japelj, 2012). S to rešitvijo smo se v celoti ognili rabi masivnih aluminijastih profilov, ki zasteklitvene panele obremenjujejo z veliko vgrajene sive energije in posledično znatnimi stroški izdelave. Zaradi prihranka pri aluminijastem okvirju so stroški gradnje QATT5-panelov primerljivi z najboljšim sistemom s trojno zasteklitvijo z zunanjimi senčili. S tem smo dobili inovacijo, ki ponuja izboljšanje tehnike pri podobni ceni.

4 • TEHNIČNE LASTNOSTI PANELA QATT

Panel QATT lahko vgradimo vertikalno, po načinu vgradnje pa mu je najbližji sistem obešenih fasad (curtain wall system). V preglednici 2 so zbrane lastnosti panelov QATT z različnim številom komor (QATT5, QATT6 in QATT7) v primeru vertikalne vgradnje.

Vgradnja je lahko tudi horizontalna. Uporabo takšnega načina vgradnje vidimo v primerih streh in svetlobnih strešnikov (svetlobniki), redkeje pa kot horizontalni fasadni sistem. V preglednici 3 so zbrane lastnosti QATT-panelov z različnim številom komor (QATT5, QATT6 in QATT7) v primeru horizontalne vgradnje.

Oznaka	Notranja plošča (mm)	Zunanja plošča (mm)	U _g (W/m ² K)	U _{cw} * (W/m ² K)	g	LT	Višina (mm)	Širina (mm)
QATT5	6–30	8–21	0,31	> 0,42	0,03–0,20	0,05–0,30	700–4000	700–1250
QATT6	IGU 24–42	8–21	0,23	> 0,33	0,03–0,15	0,05–0,25	700–4000	700–1250
QATT7	IGU 40–50	8–21	0,19	> 0,27	0,03–0,10	0,05–0,15	700–4000	700–1250

*cw – curtain wall (obešen fasadni sistem)

Preglednica 2 • Tehnične lastnosti QATT pri vertikalni vgradnji, kot je na primer sistem obešenih fasad, nagnjenih do 10°

Oznaka	Notranja plošča (mm)	Zunanja plošča (mm)	Ug (W/m ² K)	U _{sky} ** (W/m ² K)	g	LT	Višina (mm)	Širina (mm)
QATT5	6–30	8–21	0,50	> 0,61	0,03–0,20	0,05–0,30	700–4000	700–1250
QATT6	IGU 24–42	8–21	0,38	> 0,46	0,03–0,15	0,05–0,25	700–4000	700–1250
QATT7	IGU 40–50	8–21	0,31	> 0,37	0,03–0,10	0,05–0,15	700–4000	700–1250

**sky – skylight (svetlobniki)

Preglednica 3 • Tehnične lastnosti QATT pri horizontalni vgradnji, kot so na primer strehe in svetlobni strešniki, vrednosti za 20° nagib

5 • SKLEP

Predstavljeni večkomorni visokoizolacijski prozorni panel QATT je zasnovan za gradnjo višjih stavb s panoramsko zasteklitvijo. To so poslovne stavbe, hoteli, bolnišnice, knjižnice, šole in tudi višji cenovni stanovanjski objekti. QATT6 in QATT7 ponujata boljšo in cenovno ugodnejšo rešitev, kot so dvojne steklene

fasade (double skin glass facade – DSGS), QATT5 pa konkurira obešenim fasadnim sistemom s trojno zasteklitvijo in zunanjimi senčili.

Ob razgradnji lahko celoten objekt, opremljen s QATT, podremo in odpeljemo z »enim tovrnjakom«, ker so že tako tanke stene poleg

vsega še votle. Udobje bivanja je zagotovljeno zaradi ugodnega razmerja med parametri GULT: sončni dobitki (g), toplotna prehodnost zasteklitve (Ug) in prepustnost za vidno svetlobo (LT). Mehanske lastnosti (mejna stanja (Japelj, 2012)) so konstrukcijsko rešena za uporabo v vseh geografskih legah, od mrzle Arktike do viharne južne Azije. Uporabo pa vidimo tudi pri gradnji nizkoenergijskih hiš, kjer je optimalna izbira parametrov GULT izjemnega pomena.

6 • LITERATURA

- Eicker, U. (ur.), Policity, Baden-Württemberg International, Energy Efficiency in Buildings, Opening session, Deutsch-Slowenische Industrie und Handelskammer, Stuttgart 20. to 22. September, 2012, www.efficiency-from-germany.info.
- Japelj Fir, M., Kralj, A., Žnidaršič, M., Remec, Č., S plinom polnjeni paneli za visokoizolacijske stavbne ovoje 21. stoletja, Gradbeni vestnik, št. 7, str. 15–166, 2012.
- Jelle, B. P., Hydn, A., Gustavsen, A., Arasteh, D., Goudey, H., Hart, R., Fenestration of Today and Tomorrow: A State-of-the-Art Review and Future Opportunities, Solar Energy Materials & Solar Cells, št. 96, str. 1–28, 2012.
- Kralj, A., Žnidaršič, M., Japelj Fir, M., Remec, Č., Gas-filled panels as a high insulation alternative for 21st century buildings envelopes, Proceeding of WEC 2011, Zurich, Swiss Society of Engineers and Architects SIA, 2011.
- Weinläder, H., Ebert, H.-P., Fricke, J., Vacuum Insulation Glass, 7th International Vacuum Insulation Symposium, 2005.
- Žnidaršič, M., Kralj, A., Nov visokoizolacijski stavbni ovoj, Industrijski forum IRT, Portorož, 7.–8. junij 2010, Vir znanja in izkušenj za stroko, zbornik foruma, Škofljica: Profidtp, str. 133–136, 2010.