

Попречно природно провјетравање и енергетски ефикасна и одржива градња

Саша Б. Чворо¹

¹Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Бања Лука, Република Српска
sasa.cvoro@aggf.unibl.org

Сажетак—Рад је фокусиран на значај ваздушног комфора и енергетске ефикасности зграда и могућности примјене у процесу пројектовања. Поред уобичајених облика провјетравања у раду је посебна пажња посвећена архитектонским мјерама, односно попречном природном провјетравању. Посебан осврт је дат на конкретне савремене архитектонске примјере примјене ових мјера.

Кључне ријечи—ваздушни комфор, природно провјетравање, енергетски ефикасна и одржива градња, попречно провјетравање

I. УВОД

Квалитет животне средине у простору дефинисан је условима комфора у згради према којима се нека особа осјећа удобно. Осјећај удобности у простору неке особе заснива се на субјективној перцепцији низа спољашњих утицаја. Квалитет животне средине у простору поред низа елемената значајно одређује и концентрација онечишћавајућих, по људско здравље штетних материја присутних у ваздуху у зградама.

Извор онечишћења у зградама најчешће одређује људска активност. У развијеним земљама, концентрација онечишћавајућих материја у затвореним просторима је веома слична онима у атмосферском ваздуху. У екстремним случајевима, концентрација онечишћавајућих материја у зградама може бити и до пет пута већа од спољашњих онечишћења. Према Центру Уједињених нација за људска насеља, квалитет ваздуха у унутрашњем простору је неадекватан, односно неудобан, у чак око 30% објеката широм свијета. [1]

У погледу квалитета животне средине зграде нису само склониште или баријера против одређених нежељених утицаја /различитих атмосферских утицаја, односно кише, вјетра, хладноће и др./, већ их треба посматрати и као селективни филтер за одбацивање нежељених утицаја, али и прихватање позитивних, као што су нпр. природно освјетљење, сунчево зрачење или природно провјетравање.

Значај архитектуре у дефинисању квалитета животне средине, а самим тим и обезбјеђивању ваздушног комфора је од немјерљивог значаја. Унапређење животних услова, смањење потрошње енергије и очување животне средине подразумјева пројектовање и извођење зграда у складу са

постављеним циљевима одрживог развоја. Принципи пројектовања и начини материјализације утичу на очекивани ниво енергетске оптимизације и све елементе комфора у простору.

За архитекту је зато важно да у процесу пројектовања контролише услове животне средине, првенствено топлоту, ваздух, свјетлост и звук. Услови удобности у простору могу се обезбједити самим зградама /пасивном контролом комфора/ или употребом енергије /активном контролом комфора/. У већини случајева се ослањамо на заједничко дејство ове двије врсте контрола комфора у простору.

У данашње вријеме, када смо дошли до сазнања да су наши традиционални извори енергије коначни и на путу крајњег исцрпљења и да њихова убрзана употреба има озбиљне посљедице по животну средину /емисија CO₂, глобално загријавање, као и локално атмосферско онечишћење/, један од основних циљева архитектуре је да обезбједи задовољавајуће услове ваздушног комфора у простору са мало или без коришћења енергије, осим из непосредне околине или обновљивих извора.

Задатак архитектуре је да у циљу остваривања оптималних услова ваздушног комфора у простору и енергетске оптимизације:

- испита дате утицајне факторе комфора /услови на лицу мјеста, микроклима, онечишћивачи ваздуха и др./,
- утврди границе пожељних или прихватљивих услова комфора у простору /температура, влажност и квалитет ваздуха/,
- покуша да контролише ове промјенљиве параметре уз помоћ пасивних средстава /карактеристика зграде/ колико је то могуће и изводљиво,
- редукује потрошњу енергије само на контролу и одржавање активних средстава обезбјеђивања ваздушног комфора.

II. ПРИРОДНО ПРОВЈЕТРАВАЊЕ И ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНА И ОДРЖИВА ГРАДЊА

Природно провјетравање има првенствени задатак да допринесе квалитету ваздуха у простору смањењем

концентрације онечишћавајућих материја, побољшавању услова топлотне удобности и смањењу потрошње енергије у зградама. Услови за постизање ових побољшања су да је концентрација онечишћавајућих материја у атмосферском ваздуху мања него у унутрашњем простору, спољашња температура ваздуха у границама удобности или, у најгорем случају, не доводи до топлотног шока корисника простора и да природно провјетравање не изазива друге еколошке и социјалне проблеме /бука, угрожавање приватност и др./.[2]

Квалитет ваздуха природно или дјелимично природно провјетраване зграде зависи у великој мјери од атмосферских утицаја, микроклиматских карактеристика локације, околне средине и архитектонских карактеристика зграде. Примјена мјера и системских рјешења природног провјетравања утиче на животни стандард корисника простора. Квалитет зграде, као и врсте коришћене енергије, услуга и система у објектима дефинишу улогу природног провјетравања у складу са захтјеваним квалитетом ваздуха у простору. Оно некада није довољно у односу на захтјеве који се постављају за одређене просторе, нпр. било да је у питању боравак већег броја људи или одређени процес који се обавља у посматраном простору.

Истовремено, са хигијенско - здравственог становишта, основни циљ примјене стандарда енергетске ефикасности је обезбјеђење довољне количине свјежег ваздуха у простору. У том смислу су израда ваздушно непропусног слоја и примјена система контролисане вентилације /које могу да укључују мјере пасивног и активног провјетравања/ уобичајене мјере за постизање задовољавајућег ваздушног комфора. Умањење топлотних губитака услјед провјетравања простора важан је предуслов за избјегавање оштећења на зградама, штедњу енергије и умањење укупних трошкова за гријање и хлађење објеката.

Минимализација вентилационих топлотних губитака постиже се обезбјеђивањем високе ваздушне непропусности добро испројектованим и изведеним вањским омотачем зграде ради избјегавања неконтролисане измјене ваздуха. Савременим технологијама производе се прозори и врата који омогућавају ваздушну заптивеност, односно непропусност.

У прољеће, љети и у јесен потребна количина свјежег ваздуха износи 10 до 30 м³ по особи и постиже се умјереним отварањем прозора, док у зимском периоду овакав начин провјетравања није прихватљив. У сваком случају, ако у просторији од 10 м² /са 30 м³/ бораве двије особе, без отварања прозора количина свјежег ваздуха је довољна за око 1,5 час.

Ваздушна непропусност је важан фактор енергетски ефикасне градње, којим се истовремено избјегава и влажење и оштећивање грађевинских конструктивних елемената и завршних облога. Кроз недовољно ваздушно непропусне грађевинске елементе топли, влажни ваздух из унутрашњег простора струји ка спољашњем, при чему се на хладним, недовољно изолованим, дијеловима

конструкције зграде може сакупљати водени кондезат. Будући да велики дио оштећења на зградама настаје управо на овај начин, ваздушно непропусна спољашња изолација се не примјењује само код енергетски ефикасних зграда већ и код објеката свих осталих енергетских стандарда.

Контролисано провјетравање простора подразумјева да се у правој мјери и на прави начин доводи чист, спољашњи ваздух /без онечишћења/ концептима и склоповима провјетравања који су енергетски рационални, односно са искоришћавањем топлотне енергије онечишћеног ваздуха. Овакви системи имају осигуран довод свјежег и квалитетног спољашњег ваздуха, а због филтрирања ваздух има мале количине прашине, мириса, полена, алергена, СО² и других материја.

Провјетравање по фугама и пукотинама, односно инфилтрација ваздуха је, генерално посматрано, веома непоуздан систем јер не задовољава стандарде и принципе енергетски ефикасног и одрживог грађења. Са друге стране, оптимизација система природне вентилације подразумјева да се отвори на згради, односно прозори, врата, кровни продужци, канали за вентилацију и др., пројектују тако да губици топлоте у зимском периоду и топлотно оптерећење у љетњем периоду буду што мањи, те када год је то могуће, отвори буду конципирани тако да се максимално искористе предности различитих одрживих мјера пасивног /природног/ провјетравања у љетњем периоду.

Природно провјетравање, поред свих горе наведених добрих карактеристика, са собом носи и одређене недостатке:

- може значајно да повећа потребу за топлотом у одређеним условима,
- премало влажности ваздуха у зимском периоду,
- превисоке температуре у просторијама у љетњем периоду,
- повремено доводи до појаве промаје са снажним налетима вјетра,
- повремено доводи до неадекватног одвођења онечишћавајућих материја код недостатка вјетра. [3]

У том смислу, данас су присутни различити обрасци природног провјетравања, систем ефекта димњака, ноћно провјетравање са хлађењем термалне масе, узгонске вертикале, атријумске куће /унутрашње двориште/, као и један од модернијих приступа преко двоструке, вентилисане фасаде. У наставку рада ће се указати на основне карактеристике и дати примјери попречног природног провјетравања.

III. ПОПРЕЧНО ПРИРОДНО ПРОВЈЕТРАВАЊЕ

Попречно природно провјетравање простора успоставља проток свјежег, спољашњег ваздуха кроз објекат и омогућава одвођење онечишћеног ваздуха из

зграде и истовремено доприноси регулацији температуре и влажности ваздуха у простору. У том смислу, попречно провјетравање је одржива и енергетски ефикасна алтернативна мјера механичком провјетравању простора, под одговарајућим климатским условима.

Циљ ових мјера може бити директно провјетравање и пасивно хлађење простора као резултат повећане брзине кретања и ниже температуре ваздуха или хлађење контактних /у додиру са правцем струјања ваздуха/ архитектонски материјализованих површина, којима се обезбјеђује индиректно снижавање температуре ваздуха. Ефикасност мјера зависи од величине вентилационих отвора за струјање ваздуха /мјеста улаза и излаза ваздуха/, брзине вјетра, те температуре и релативне влажности атмосферског ваздуха. Брзина кретања ваздуха је од кључног значаја за директно провјетравање, а проток ваздуха за индиректно, структурно провјетравање и хлађење простора.

Интезитет попречног провјетравања директно зависи од температурне разлике унутрашњег и спољашњег ваздуха. Оно је могуће само када је спољашњи ваздух за најмање 1.7°C /3°F/ ниже температуре од унутрашњег ваздуха. Са релативно малим температурним разликама долази и до занемарљивих ефеката провјетравања, односно ваздух струји на собној температури, не утичући тако на висину температуре и релативне влажности ваздуха у простору. Истовремено, са повећањем температурних разлика и протока ваздуха повећава се и интезитет и обим провјетравања. [4]

Директно попречно провјетравање је у сразмјери са брзином кретања ваздуха, односно јачином и правцем вјетра. Преовлађујући правци вјетра се често мијењају са годишњим добима, а могу да се смјењују и током краћих временских периода. Брзина вјетра је углавном свакодневно и/или сезонски промјенљива, а обично бива веома слаба у ноћним сатима у одсуству соларног загријавања тла (Како је вјетар хоризонтално струјање ваздуха чији је настанак условљен температурним и разликама притисака у сусједним ваздушним масама, тако и његов интезитет директно зависи од интезитета соларног зрачења). Најбољи ефекти природног попречног провјетравања се постижу када су зграде отворене доминантним локалним струјањима ваздуха, посебно повјетарцу чији се ефекат директно или индиректно провјетравања и хлађења простора додатно појачава заштитом објекта од директног сунчевог зрачења.

Успјешно попречно провјетравање подразумјева архитектонску форму која наглашава и користи изложеност објекта преовлађујућим правцима вјетра, обезбјеђује адекватан /контролисан/ улазак ваздуха у простор, минимализује интерне препреке у простору /на линији кретања ваздуха између улаза и излаза/, а истовремено омогућава адекватано извођење онечишћеног ваздуха.

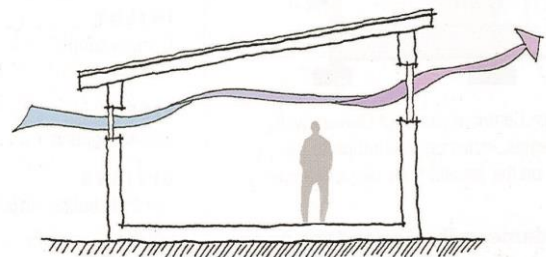
Идеалан облик архитектонског простора је тако, издужена правоугаона форма без унутрашњих преграда. На локацији, у непосредном окружењу објекта, треба избјегавати спољашње препреке које ометају адекватан

проток вјетра /попут дрвећа, жбуња или других артефаката у простору/, а с друге стране, правилним постављањем вегетације, заклона или крилних зидова треба усмјеравати и побољшавати проток ваздуха у правцу доминантних вјетрова.

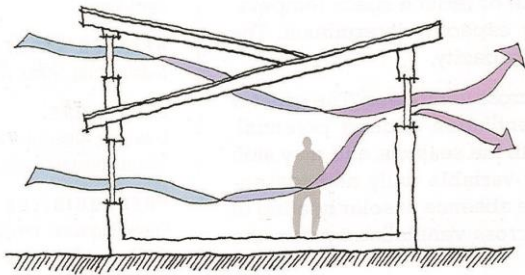
Попречним провјетравањем се, због обезбјеђивања ваздушног и топлотног комфора, може усмјеравати проток ваздуха кроз било који дио простора у зградама уколико је спољашња температура ваздуха довољно ниска да омогући струјање ваздуха. У случају високих температура спољашњег ваздуха, попречно провјетравање даје резултате уколико је проток ваздуха директно усмјерен у простору у висини боравка људи /у зони неутралне осе/, чиме особе у простору осјећају већу брзину кретања ваздуха. Попречно провјетравање је у случају ноћног хлађења простора /када постоји адекватна брзина вјетра/ усмјерено на максимални термички контакт са масивним грађевинским површинама и индиректно хлађење простора. Такође, висока вриједност релативне влажности ваздуха може угрозити удобност у простору чак и онда када су обезбјеђени оптимални услови провјетравања и хлађења простора. [4]

У том смислу, дефинисани су основни обрасци попречног природног провјетравања:

- Попречно провјетравање у горњим зонама простора, које омогућава уклањање онечишћеног ваздуха и структурно хлађење простора без утицаја на удобност корисника, односно без могућег ефекта промаје; /Sl.1./.
- Попречно провјетравање кроз ниже зоне у простору, обезбјеђује струјање ваздуха у нивоу корисника, чиме се директно утиче на осјећај удобности и температуру људског организма. /Sl.2./.



Sl. 1. Приказ попречног природног провјетравања у горњим зонама простора / Извор: Kwok, A.G., Grondzik, W.T., The Green Studio Handbook – Environmental Strategies for Schematic Design, Oxford: Architectural Press, 2007., стр.140. /



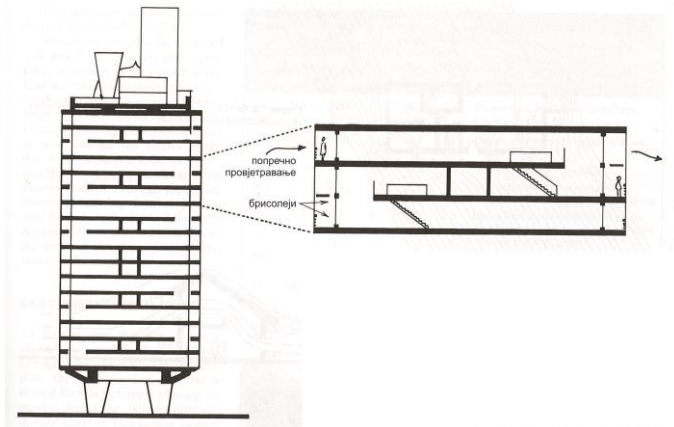
Sl. 2. Приказ попречног природног провјетравања у доњим зонама простора. / Извор: Kwok, A.G., Grondzik, W.T., The Green Studio Handbook – Environmental Strategies for Schematic Design, Oxford: Architectural Press, 2007., стр.140. /

Битан параметар попречног провјетравања је и одређивање типа и позиције вентилационих отвора /прозора, канала и др./ и њихов утицај на комплетан комфор у простору, квалитет ваздуха и енергетске перформансе зграде. Као негативан ефекат појављују се могући већи ниво буке у простору који се појављује преко непосредних извора комуналне буке из окружења, а која у објекат допире кроз вентилационе отворе, могућност убацивања ваздуха незадовољавајућег квалитета, као посљедица неадекватних мјеста захвата ваздуха, те топлотни губици изазвани неконтролисаним примјеном система.

IV. ПРИМЈЕРИ И ИСКУСТВА

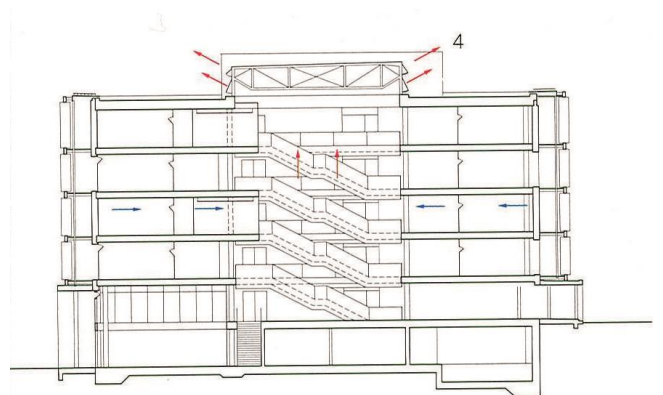
У наставку су дати примјери савремених архитектонских остварења која указују на могућност примјене архитектонских мјера, у конкретном случају попречног природног провјетравања, и њихов значај на целокупну енергетску ефикасност зграда. Такође, дат је примјер пројекта зграде Архитектонско – грађевинско – геодетског факултета у Бањој Луци (аутори Саша Б. Чворо и Малина Чворо) кроз приказ предложених мјера природног провјетравања, њиховог значаја у обезбјеђењу ваздушног комфора у односу на дефинисане енергетске карактеристике будућег објекта и биланс пројектованих енергетских перформанси.

На Sl.3. приказан је савремени архетипски архитектонски примјер попречног природног провјетравања простора, Ле Корбизјеов стамбени блок Unité d'habitation у Марсеју, из 1952. године. Двоетажне стамбене јединице галеријског типа, изразито мале ширине корисног стамбеног простора, пружају се унакрсно у простору зграде са омогућеном двостраном оријентацијом. Користећи природно окружење и микроклиматске услове, посебно доминантан вјетар, омогућено је природно попречно вјетрење без додатних механичких уређаја. [5] С обзиром на вријеме градње и социолошку димензију читавог простора примјењена функционална организација простора у унутрашњој структури зграде представља образац који на најбољи начин персонификује „модерну“, а који је своје отјелотворење добио и у низу реализованих објеката савремених српских архитеката.



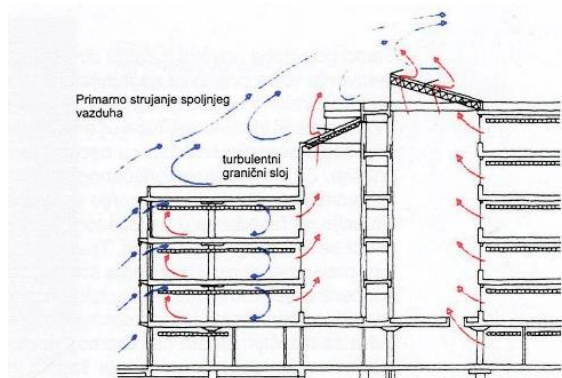
Sl. 3. Примјер савременог архетипског попречног природног провјетравања, стамбени блок Unité d'habitation, Марсеј, Ле Корбизје / Извор: Lechner, N., Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009., стр. 279. /

Зграда швајцарског Института за технологију из Цириха (Swiss Federal Institute of Technology) изграђена је 2006. године у Дибендорфу. Пројектанти архитектонског бироа Bob Gysin + Parter су изградили чврсту и хомогену просторну структуру научно – истраживачког центра, који је један од највећих нула – енергетски класификованих објеката образовне намјене у Европи. Објекат карактерише систем подржане вентилације са режимом ноћног природног попречног провјетравања, активним мјерама хлађења и без конвенционалног гријања, при чему се остварују оптималне радне температуре у канцеларијском простору од 20°C и 18°C у зонама комуникација. Двослојна фасадна раван, са вертикалним покретним стакленим крилима, омогућава попречно и узгонско провјетравање преко централног унутрашњег дворишта са застакљењем и вентилационим отворима за избацивање онечишћеног ваздуха, приказаног на Sl.4. Пројектна потрошња енергије за електро погоне, гријање и хлађење објекта износи 66,9 kWh/m². [6]



Sl. 4. Примјена различитих система провјетравања у објектима образовне намјене, Swiss Federal Institute of Technology, Dubendorf, Bob Gysin + Parter / Извор: Hegger, M., Fuchs, M., Stark, Th. Zeumer, M., Energy Manual – Sustainable Architecture, Munich: Edition Detail, Birkhauser, 2007., стр. 243. /

Примјер интегрисане примјене различитих система провјетравања је административна зграда Tchibo Holding Ag у Хамбургу архитеката Burgin Nissen Wentzlaff из Базела. Ради се о објекту са подржаном вентилацијом и хлађењем, као и са што је могуће већим процентом природног освјетљења и провјетравања. Систем вентилације је пројектован тако да се максимално продужи вријеме природног попречног и узгонског провјетравања. Двослојна фасада је изведена са заштитом од сунца и стражњом вентилацијом на подручју унутрашње равни, те карактеристичним горњим и доњим крилима за вентилацију, који служе за природно провјетравање у најразличитијим временским условима /јаки удари вјетра, слаби удари вјетра, без вјетра, термичка размјена ваздуха без вјетра и др./ Код виших удара вјетра спољна струјања ваздуха спроводе се изнад мрежастог плафона просторија, које се тангенцијално шири ка унутрашњем дворишту у циљу бољег узгонског и попречног природног провјетравања простора. Ток струјања ваздуха се завршава са централним свјетларником, чији се кровни елементи могу отворити у циљу исисавања онечишћеног ваздуха из околних просторија. У случају високих спољних температура ваздуха провјетравање се врши механичком вентилацијом са хлађењем. [3]



Sl. 5. Tchibo Holding Ag, Хамбург, Burgin Nissen Wentzlaff/ Извор: Daniels, K., Tehnologija ekološkog грађевина, Beograd: Jasen, 2009. /

Опште мјере за обезбјеђење ваздушног комфора у новој згради Архитектонско – грађевинско - геодетског факултета у Бањој Луци подразумевају одређивање оптималног броја особа у одређеним просторима у складу са препорукама датим у европском стандарду EN 13779. Обим и карактер конкретних мјера за обезбјеђење ваздушног комфора одређен је прије свега пројектним задатком дефинисаним енергетским перформансама будуће зграде, које максималну потрошњу енергије за гријање /и хлађење/ објекта одређују у износу до 15 kWh/m² годишње, потрошњу примарне енергије 120 kWh/m² годишње.

У циљу енергетске оптимизације и рационализације, неопходно је да се топлотни губици изазвани потребним мјерама природног провјетравања смање на неопходну, односно најмању могућу мјеру. Примјери приказаних савремених свјетских искустава, показују да је наведене,

високе енергетске стандарде, а када је у питању обезбјеђење ваздушног комфора у предметном простору, могуће скоро искључиво постићи примјеном мјера контролисане, односно централизоване вентилације уз корективну или допунску улогу природног провјетравања.

У том смислу је за конкретне архитектонске мјере за обезбјеђење ваздушног комфора у новој згради АГГ факултета у Бањој Луци, у виду природног провјетравања, одабрано попречно ноћно провјетравање, провјетравање узгонским вертикалама преко централног хола и кровних продужетака и провјетравање двослојном сегментираним фасадом. [7]

Попречно ноћно провјетравање на објекту подразумјева максимално искоришћење хлађења термалне масе у лјетњем периоду, комбиновано са аутоматском регулацијом отварања прозора. Могућа примјена је у вишим етажама старог дијела објекта / просторије са двостраном оријентацијом / и у наспрамно оријентисаним хоризонталним комуникацијама у новом дијелу објекта / правац пружавања у осовини сјевер – југ /.



Sl. 6. Графички приказ расподеле пројектне температуре ваздуха у згради АГГ факултета, прилог аутора.

Након анализе укупних предвиђених мјера постигнута вриједност пројектоване потрошње коришћене / финалне енергије за гријање објекта у износу од 8.1 kWh/m²год и укупне финалне енергије од 14.8 kWh/m²год сврстава новопроектвану зграду АГГ факултета у енергетски разред А+. Енергетски преглед пројектованих мјера по ставкама биланса приказан је у Tab.1.

ТАБЕЛА I. ЕНЕРГЕТЕСКИ БИЛАНС

Ставка биланса / финална енергија	Пројектовано / kWh/m ² год /
Гријање	8.1
Вентилација	2.6
Топла вода	0.9
Расвјета	2.9
Разно	0.3
Хлађење	/

V. ЗАКЉУЧАК

Обезбеђење ваздушног комфора у унутрашњем простору је основ за планирање и пројектовање савремених архитектонских здања. Карактеристике ваздушног комфора могу се примјенити у архитектонском пројектовању јер утичу на укупну удобност корисника и вриједност зграде. Унапређење ваздушног комфора /осигурање чистог ваздуха за здрав живот и креативан рад у зградама, без обзира на локацију/, као и умањење негативних микроклиматских ефеката /нпр. повећане температуре и влажности ваздуха/ и концентрације онечишћивача предметног подручја на здравље људи, чине конкретне циљеве који произилазе из основних поставки процеса архитектонског пројектовања и примјене енергетски ефикасних стандарда.

На концепт енергетске оптимизације зграде утичу свеобухватни гранични услови /употреба, енергија, клима и комфор/, урбанистички параметри и инфраструктура природног и грађеног окружења, вањски омотач зграде, инсталације у згради, материјали и стратегије, концепти и законски прописи, на основу којих се планирају мјере изградње зграда усклађене са енергетским, еколошким и економским перформансама. Енергетске перформансе зграде помажу пројектанту да боље разумије како зграда користи енергију. На тај начин се стварају услови да одговарајући архитектонски и урбанистички концепти постану интегрални дио основне пројектантске идеје.

Највећи дио одлука које утичу на потрошњу енергије у згради доноси се управо у почетној фази пројектовања, разматрању функционалних шема и прелиминарних форми. Напор, потребан за грубо сагледавање енергетских аспеката одлучујући је за даљи пројектантски рад. Активност пројектанта одвија се првенствено у повезивању и укрштању различитих идеја, а не само у смислу анализе. Информације и анализа проблема представљају се, прије свега, на начин који генерише архитектонски облик.

Пројектант мора да разумије форме генерисане по енергетским критеријумима. Архитектонски израз новопроектване зграде Архитектонско – грађевинско - геодетског факултета показује како параметри планирања и пројектовања енергетски ефикасних стандарда инспиративно утичу на просторно обликовне карактеристике савремених архитектонских здања. Овај примјер, али и примјери других приказаних архитектонских остварења показују да ови принципи не представљају ограничења већ дају нове елементе и начине за обликовање простора.

Унапређење ваздушног комфора простора у директној је зависности од конструктивних склопова, њихових

припадајућих грађевинских материјала и инсталационих система. Квалитет ваздуха у просторији је са једне стране одређен квалитетом доведеног атмосферског ваздуха и облицима провјетравања, а са друге стране онечишћењима условљеним намјеном простора и људским активностима које се у њему одвијају. Кретање ваздуха у простору се спроводи у складу са архитектонском организацијом простора. Циљ је омогућити усаглашено струјање ваздуха у просторији уз одвођење онечишћења насталих усљед боравка и рада у унутрашњем простору.

Енергетска ефикасност зграда могућа је и без примјене механичких уређаја за обраду ваздуха у унутрашњим просторима. Природно провјетравање подразумјева да се отвори на згради пројектују тако да губици топлоте у зимском периоду и топлотно оптерећење у љетњем периоду буду сведени на разумну мјеру.

LITERATURA

- [1] „AE 310 Fundamentals of Heating, Ventilating, and Air-Conditioning“. Brussels, 2005., ca <http://docslide.us/documents/fundamentals-hvac.html>
- [2] C. Ghiaus, F. Allard, Natural Ventilation in the Urban Environment - Assessment and Design, London: Earthscan, 2005.
- [3] K. Daniels, Tehnologija ekološkog gradenja, Beograd: Jasen, 2009.
- [4] A.G. Kwok, W.T. Grondzik, The Green Studio Handbook – Environmental Strategies for Schematic Design, Oxford: Architectural Press, 2007.
- [5] N. Lechner, Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [6] M. Hegger, M. Fuchs, Th. Stark, M. Zeumer, Energy Manual – Sustainable Architecture, Munich: Edition Detail, Birkhauser, 2007.
- [7] С. Б. Чворо, М. Чворо, Техничка документација за реконструкцију, адаптацију, доградњу и надоградњу постојећег објекта Архитектонско - грађевинског факултета Универзитета у Бањој Луци, Бања Лука: Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањој Луци, 2012

ABSTRACT

The paper focuses on the importance of air comfort and energy efficiency of buildings and the possibilities of application in the design process. In addition to the usual forms of ventilation in the work, special attention is paid to architectural measures, is to cross-flowing natural ventilation. A special review is given to concrete contemporary architectural examples of the application of these measures.

TRANSIENT NATURAL AIR-VENTILATION AND THE ENERGY EFFICIENT AND SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Sasha B. Chvoro¹