

Енергетска оптимизација
зграда у контексту
одрживе архитектуре

6.95%

1940

део 2

1945

Могућности унапређења
енергетских карактеристика
грађевинског фонда

11.7%

1950



1960

25.07%

1967

1970

13.04%

1970

Архитектонски факултет
Универзитета у Београду

Научно истраживачки пројекат:

**ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ЗГРАДА У КОНТЕКСТУ
ОДРЖИВЕ АРХИТЕКТУРЕ**

Део 2

**МОГУЋНОСТИ УНАПРЕЂЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ
КАРАКТЕРИСТИКА ГРАЂЕВИНСКОГ ФОНДА**

Руководиоц пројекта: Др Милица Јовановић Поповић,
дипл.инж. арх

Радни тим: Др Милица Јовановић Поповић,
дипл.инж. арх
Др Мирјана Михајловић Ристивојевић,
дипл.инж. арх.
Др Александра Крстић, дипл. инж. арх.
Др Ана Радивојевић, дипл. инж. арх.
Др Гордана Ћосић, дипл.инж.арх.
Др Лидија Ћокић, дипл. инж. арх.
Мр Милица Пејановић, дипл. инж. арх.
Душан Игњатовић, дипл. инж. арх.
Љиљана Ђукановић, дипл. инж. арх.
Наташа Ђуковић Игњатовић,
дипл. инж. арх.
Ана Богданов, дипл. инж. арх.

Рецензент: Др Мила Пуцар, дипл. инж. арх.

Издавач: Архитектонски факултет Универзитета у
Београду
Булевар краља Александра 73/ 2

Корице: Наташа Д. Ђуковић Игњатовић, диа

Тираж: 200 примерака

ISBN 86-80095-74-5

Штампа: Чигоја штампа, Београд

Место и година
издавања: Београд 2005. године

Научно истраживачки пројекат:

**ЕНЕРГЕТСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ЗГРАДА У КОНТЕКСТУ
ОДРЖИВЕ АРХИТЕКТУРЕ**

ФАЗА 2

**МОГУЋНОСТИ УНАПРЕЂЕЊА
ЕНЕРГЕТСКИХ
КАРАКТЕРИСТИКА
ГРАЂЕВИНСКОГ ФОНДА**

Београд 2005.

ПРЕДГОВОР

У оквиру програма научних пројеката из области технолошког развоја финансираних од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије, Архитектонски факултет Универзитета у Београду ради на научно истраживачком пројекту *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре*.

Оквир истраживања је одрживи развој и архитектура као његов интегрални део, као једини ресурс који бележи стални раст али уједно и област у којој се у развијеним земљама троши 50% укупно произведене енергије.

Циљ пројекта је да се кроз анализу стања постојећег грађевинског фонда као и анализу регулативе из области термичке заштите објеката сагледају могућности његовог унапређења у погледу побољшања услова комфора корисника уз истовремено смањење потрошње енергије, односно побољшања енергетске ефикасности зграда.

Пројекат се одвија у три фазе, током три године, па ће и резултати бити публиковани сукцесивно, у три монографије. Након првог дела, *Анализе структуре грађевинског фонда*, пред читаоцима и научном и стручном јавношћу је сада и други део: *Могућности унапређења енергетских карактеристика грађевинског фонда*, као резултат истраживања током друге године трајања пројекта. У овој монографији публиковани су резултати анализе и могућности унапређења, у оквиру постојећих ограничења, оног дела грађевинског фонда који представља његов већински део а уједно и по својим карактеристикама пружа највеће могућности за уштеду енергије и значајно побољшање енергетске ефикасности (стамбене зграде изграђене у периоду 1946.-1967. године).

Руководилац истраживања

Проф.др Милица Јовановић Поповић

САДРЖАЈ

Анализа ограничења у контексту могућих нивоа енергетске оптимизације	1
Планска и имовинска ограничења	5
Ограничења проистекла из типолошких карактеристика објеката	10
Ограничења локације	14
Анализа могућности унапређења елемената омотача и система	25
Анализа могућности унапређења прозора и застора у циљу добијања енергетски рационалног објекта	27
Анализа могућности унапређења зидова и конструкције омотача	45
Комунална и инфраструктурна опремљеност	57
Истраживање материјала за енергетску рационализацију објекта на принципима оцене животног циклуса материјала	65
Анализа могућности унапређења елемената омотача – унапређење равних кровова без промене волумена објекта	87
Могућности унапређења енергетских карактеристика објекта променом волумена	97
Унапређење равних кровова са променом волумена објекта	99

Могућности доградње у попречном и подужном правцу	115
Могућност унапређења енергетских карактеристика објеката применом соларних система	133
Провера економских параметара реконструкције	151
Техноекономска анализа доградње постојећих стамбених објеката	153
Методологија поступка енергетске оптимизације зграда	165
Формирање алгоритма поступка енергетске оптимизације	167
Литература	181

Анализа ограничења у контексту могућих нивоа енергетске оптимизације

Милица Јовановић-Поповић, Ана Радивојевић,
Душан Игњатовић,

Анализа ограничења у контексту могућих нивоа енергетске оптимизације

Увод

У оквиру сложених транзиционих процеса који обележавају нашу актуелну свакодневицу присутна је и тежња за унапређењем постојећег грађевинског фонда што подразумева различите врсте грађевинских интервенција на постојећим објектима. Иако конкретни начини и путеви унапређења за сада нису прецизно дефинисани, нити инкорпорирани у одговарајућа нормативна акта, одређени предлози и препоруке, као и прве конкретне активности у том правцу постоје. Извесно је да су у оквиру поменутих настојања обухваћени и радови који се могу сматрати одговарајућим мерама енергетске оптимизације објеката.¹

Према нашој досадашњој градитељској пракси нису биле стране различите врсте интервенција на постојећим објектима, пре свега у виду доградњи и надградњи, треба имати у виду да овакве активности нису биле подстакнуте жељом за било каквом оптимизацијом и рационализацијом, укључујући и енергетску. Напротив, оне најчешће представљају производ стално присутне потребе за додатним

животним простором, при чему је карактеристично да реализација ових активности у прошлости није увек на најбољи могући начин била праћена и контролисана законском и градитељском праксом. Сходно томе су и резултати често били како естетски тако и енергетски неадекватни.

Енергетска оптимизација и потенцијална ограничења

Уколико под 'нивоом енергетске оптимизације' подразумевамо жељене оквире будуће потрошње енергије неког објекта, односно смањење његових укупних енергетских биланаса на жељену меру, онда би се појам 'мера енергетске оптимизације' могао односити на начине помоћу којих овакав циљ остварујемо. У том смислу мере енергетске оптимизације би се првенствено односиле на:

1. избор термичких карактеристика омотача (зидова, прозора са засторима, кровног омотача зграде,...)
2. оптимизирање форме објекта у циљу постизања рационалнијег облика грађевине у енергетском смислу, и
3. увођење соларних система.

Како циљ овог истраживања представља сагледавање могућности енергетске оптимизације већ изграђеног грађевинског фонда, поменуте мере конкретно подразумевају одговарајуће промене на постојећим објектима у домену:

- унапређења термичких карактеристика њиховог омотача додатним слојевима термоизолацијоних материјала и облоге,
- промене форме објекта његовим дограђивањем или надграђивањем, односно унапређењем постојећег фактора облика објекта
- сагледавања могућности примене различитих пасивних или активних система на постојећим објектима.

Осим наведених начина за постизање енергетске оптимизације објеката треба напоменути да би у ширем контексту дати појам обухватао и енергетску рационализацију различитих система инсталација које у некој згради постоје. Међутим, поменути сегмент неће бити предмет конкретних истраживања.

У настојањима да се постигне енергетска оптимизација постојећих стамбених објеката, један од првих корака које би требало учинити, било би сагледавање евентуалних ограничења која би у том смислу могла да постоје. Њихов

обим свакако зависи од нивоа енергетске оптимизације који бисмо желели да остваримо и одговарајућих мера које у том смислу желимо да предузмемо, али такође и од карактера, односно природе самог ограничења.

Када је пак о самим ограничењима реч, односно о њиховим карактерима, требало би истаћи да се по својој природи евентуална ограничења могу груписати у неколико карактеристичних категорија које ће даље бити посебно анализиране, а то су:

1. планска и законска ограничења,
2. ограничења проистекла из типолошких карактеристика објеката, и
3. ограничења проистекла из карактеристика локације на којој се објекат налази.

1. Планска и законска ограничења

Оно што бисмо могли да подразумевамо под појмом 'планска и законска ограничења', тиче се различитих условљености које потичу из важеће планске и законске регулативе а које би могле да у одређеној мери услове или чак спрече реализацију укупних мера енергетске оптимизације које бисмо над неким објектом желели да спроведемо. Свакако да примарни законски оквир и упориште за свако наше градитељско деловање, па и оно усмерено на енергетску оптимизацију објеката, треба тражити у актуелном *Закону о планирању и изградњи* којим су дефинисана основна начела и неопходне процедуре планирања и грађења.² Оно што треба имати на уму када је реч о мерама енергетске оптимизације неког објекта и њиховом условљеношћу регулативом је чињеница да свака од мера представља макар минималну грађевинску интервенцију на постојећем објекту која у највећем броју случајева подлеже одговарајућој верификацији од стране надлежних институција. Ово би стога значило да њихово спровођење изискује поштовање одговарајуће процедуре дефинисане управо *Законом о планирању и изградњи*.

Конкретне смернице за техничка решења која би требало применити у циљу енергетске оптимизације, па сходно томе и потенцијална ограничења, треба тражити у релевантним планским актима, пре свега урбанистичким плановима, као и осталим законским актима као што су одговарајући правилници и стандарди.

Планска акта од значаја за поступак енергетске оптимизације

Када је реч о планским актима којима се дефинишу основне димензионалне и локацијске условљености појединачних објеката, полазиште представља урбанистички план, односно одговарајући правилник којим се прецизирају општа правила урбанистичке регулације.³ Поменута правила подразумевају урбанистичке показатеље (намена, индекс изграђености, степен искоришћености), урбанистичке мреже линија (регулациона линија, грађевинска линија, итд.) и правила изградње (постављање објекта на парцелу, његова удаљеност од мреже линија или међусобно, висинске карактеристике објекта и сл.).

Када се узме у обзир да одређени број мера у поступку енергетске оптимизације зграда може да утиче на промену форме и облика дотадашњег објекта, онда је извесно да је њихова примена могућа једино уколико се њима не нарушавају одредбе општих правила регулације, односно максималних вредности одговарајућих параметара дефинисаних важећим урбанистичким плановима.

Ове мере и потенцијална ограничења се посебно односе на поступке промене форме објекта у циљу постизања енергетски рационалнијег облика, односно на додавање стакленика које се са енергетске стране може показати оправданим, али само уколико се његовим габаритом не наруше планирана правила грађења. Ограничења ове врсте се могу јавити и у случају потребе за значајнијим променама дебљина елемената омотача постојећег објекта, у ком случају урбанистички параметри које треба испоштовати могу да наметну другачији концепт енергетске оптимизације омотача, односно да утичу на питање положаја додатних слојева термичке заштите и облоге у склопу постојећег омотача.

Технички прописи и стандарди из области грађевинарства и мере енергетске оптимизације

Иако је за ово истраживање од превасходног значаја енергетски аспект реконструктивних захвата на постојећим објектима, грађевински поступци које у том циљу треба спровести подлежу провери и евентуалном усклађивању, не само са постојећом регулативом у домену топлотног комфора, већ и са другим областима грађења као што су:

- организација простора,
- сигурност конструкције,

- противпожарна заштита,
- сви услови комфора (не само топлотни), и
- системи инсталација у објекту.⁴

У случају актуелних прописа и стандарда треба имати у виду стање у којем се наша важећа регулатива из области грађевинарства налази, пре свега чињеницу да велики број прописа и стандарда од времена доношења није еволуирао у правцу у коме су истородни прописи то чинили у другим земљама Европе тако да одређени аспекти, пре свега они који се тичу еколошких карактеристика материјала и специфичних елемената комфора, првенствено у домену тзв. ваздушног комфора за сада нису њима обрађени. Осим тога, прописима и нормама нису у довољној мери третирани управо проблеми везани за интервенције на постојећим објектима па се у том смислу наилази на различите недоречености које се потом одражавају на конкретну градитељску праксу.⁵

Специфичност како домена тако и циља овог истраживања ипак намеће потребу да се посебно утврде ставови који се тичу питања топлотног комфора а које важећи прописи из области стамбене изградње и термичке заштите дефинишу. Овакав поступак би био од посебног значаја с обзиром да управо поменути прописи представљају полазиште за актуелну станоградњу, а питање је у којој мери они стварно доприносе настојањима да се нови стамбени објекти енергетски оптимизирају.

Прописи из области стамбене изградње и енергетска оптимизација

У случају прописа из области стамбене изградње, важно је да се напомене да се у актуелној градитељској пракси испољава потреба за њиховом хитном обновом и унапређењем, с обзиром да су још увек на снази прописи који су регулисали стамбену изградњу за потребе некадашње државе социјалистичког друштвеног уређења, односно за потребе станоградње у поменутим специјалним оквирима и условима.⁶ Промењено друштвено устројство државе донело је нови однос према могућностима и потребама стамбене изградње, али га нису следиле промене самих прописа који су, и поред својих многобројних добрих страна и свеобухватног приступа проблему становања, у многим аспектима постали лимитирајући, и у том смислу неодговарајући.

Оно што је свакако било добро у релевантним прописима који су својевремено били донети за потребе изградње

станова на територији града Београда оличеним у *Условима и техничким нормативима за пројектовање стамбених зграда и станова*, је била чињеница да су њима били третирани различити економски параметри стамбене изградње укључујући и проблеме штедње енергије.⁷ Овим прописима се децидно изражавала потреба да објекти својим положајем, обликом, организацијом унутрашњег простора, карактеристикама омотача и другим пригодним начинима (применом соларних системе, различитим начинима штедње електричне енергије и сл.) у што већој мери штеде енергију, што се може разумети као настојање да објекти буду у што већој мери енергетски оптимизирани, с тим што конкретан ниво потребне оптимизације није био јасно дефинисан. Ово би уједно значило да се за стамбене објекте у Београду подигнуте у периоду од 1983. године (када су поменути прописи донети), до почетка деведесетих година прошлог века (када долази до великих друштвено економских промена, укључујући и својинске промене), може претпоставити да су у одређеној мери енергетски оптимизовани и да би у конкретном случају када се преиспитују укупне енергетске карактеристике зграда, на њима било најмање потребе за додатним интервенцијама ове врсте.

Прописи из области топлотног комфора и енергетска оптимизација

У случају постојећих објеката, поступак њихове енергетске оптимизације изискује потребу усклађивања елемената термичког омотача са важећим прописима из области термичке заштите. Треба имати у виду да је конкретан поступак односно принцип по коме би се постојећи елемент термичког омотача објекта додатно изоловао а који се тиче положаја додатне термоизолације у односу на спољашњу или унутрашњу страну омотача условљен: режимом грејања и хлађења објекта, наменом просторије, карактером конструкције у погледу њених акумулационих способности (да ли је она масивна или лака), као и потенцијалним ограничењима друге врсте.⁸ Мера у којој је потребно спровести додатну термоизолацију ће свакако зависити од времена грађења објеката, односно од разлика између тада важећих и данас актуелних прописа из ове области.⁹

Што се тиче важећих прописа из области топлотног комфора, у облику у којем сада важе, њима су дефинисани минимални захтеви у погледу топлотне заштите, што би се у

конкретном случају односило на основне карактеристике елемената омотача објекта у погледу термичке заштите и дифузије водене паре, као и услов задовољења одговарајућег фактора облика. Извесно је да овим прописима нису обухваћене све потребне енергетске перформансе објекта, па се они и не могу сматрати комплетним упориштем за енергетску оптимизацију зграда.¹⁰ Другим речима, тренутно стање прописа у области термичке заштите намеће да се енергетска оптимизација постојећих објеката врши на начин који превазилази актуелне захтеве ове регулативе.

Законом заштићени објекти и мере енергетске оптимизације

Специфична ситуација у погледу потенцијалних ограничавајућих фактора се у поступку енергетске оптимизације може десити у случају постојећих објеката који су на основу неких својих одлика стављени под заштиту државе. Разлог стављања под заштиту, односно степен заштите који објекат изискује условљавају могућност евентуалних грађевинских интервенција на њему, што би значило да од степена заштите зависи да ли ћемо и у којој мери бити у могућности да применимо поступке енергетске оптимизације заштићеног објекта.

Треба имати у виду да наш закон који се тиче заштите културних добара разликује три категорије заштићених објеката.¹¹ Реч је о:

- непокретном културном добру од изузетног значаја,
- непокретном културном добру од великог значаја, и
- значајном културном добру,

а поред појединачно заштићених објеката, извесном мањем степену заштите подлежу и објекти који нису сами по себи предмет заштите, али се налазе у законом заштићеним срединама.

Описана категоризација у пракси значи да архитектонске објекте изузетног значаја није могуће мењати, односно да их треба чувати како у целини, тако и у њиховим детаљима.¹² Овако висок степен заштите уједно значи да објекте дате категорије није могуће енергетски оптимизовати, па их у том смислу треба искључити из оваквих разматрања. Сличним условима заштите подлежу и објекти који су проглашени добром од великог значаја, с тим што је у овом случају обим могућих интервенција донекле већи, односно у зависности од угрожености објекта, његовог карактера и намене, могуће је

извршити и нешто обимније грађевинске захвате уколико се њима не ремети архитектонска вредност због које је објекат стављен под заштиту. Могућности интервенција на објектима свакако расту са опадањем нивоа заштите, али треба имати у виду да се чак и онда мерама заштите настоји да се очува спољна архитектура објекта.

Описана ограничења која заштићени објекти са собом носе би значила да су могућности њихове енергетске оптимизације веома скромне и да би представљале резултат одговарајућих компромиса. Може се рећи да је опсежније мере енергетске оптимизације могуће спровести само у случају објеката који подлежу нижем степену заштите. Карактеристично би било и то да се код оваквих објеката пре може очекивати да се енергетско унапређење термичког омотача као спољашње опне објекта која се уједно у одређеној мери штити, изврши постављањем термичких слојева са унутрашње стране зида, премда овај принцип са енергетског аспекта не мора бити најповољније решење. Оно што не би требало сметнути са ума је чињеница да сваки заштићени објекат, без обзира на степен заштите којем подлеже, представља случај за себе, па сваки проблем ове врсте изискује индивидуалан третман уз истовремену тесну сарадњу са надлежним службама заштите.

2. Ограничења проистекла из типолошких карактеристика објеката

Анализа постојећег грађевинског фонда у току прве године истраживања је вршена на основу већег броја параметара који су довели до формирања разноврсних типова објеката са јасно дефинисаним карактеристикама.

Целокупан поступак анализе је у ствари један процес идентификације и "инвентарисања", при чему особине које одређени типови испољавају не морају бити априори афирмативне или ограничавајуће у својој енергетској компоненти. Даљим разматрањем теме енергетске оптимизације долазимо до закључка да је сагледавање ограничавајућих фактора појединих типова неодвојиво од будућих алгоритама интервенција те им се мора посветити посебна пажња. Ова ограничења које типолошки разврстани објекти носе са собом се такође могу анализирати по истоветном принципу и параметрима по којима је анализиран и целокупан грађевински фонд.

Као основне карактеристике поручавања издвојене су следеће:

Старост објекта

Посматрани период који је одабран за детаљнију анализу и одређивање праваца интервенција обухвата доба развоја после Другог Светског рата па до доношења првих прописа који су у одређеној мери дефинисали термичке карактеристике објеката односно период од 1946-1967. године.

У току ових двадесет година направљено је око 30% укупног грађевинског фонда Србије што представља веома велики потенцијал за поступак оптимизације.

Са аспекта трајности ови објекти су пројектовани и изведени у складу са претпостављеним животним веком од мин. 60 година што би значило да су данас при крају свог друштвено дизајнираног амортизационог периода. Међутим њихово физичко стање и објективни економски значај су далеко превазишли овај период и сматрамо да се уз одређена "прилагођавања" њихов животни век може квалитетно продужити а они се могу адекватно адаптирати на новодефинисане техничке и животне захтеве.

Један од аспеката који је посебно везан за овај тип објеката је условљеност организационих шема и система пројектовања друштвено дефинисаним стандардима који су се углавном базирали на минимално довољним површинама. Идеја да се оствари довољно за све довела је до минимума за појединце односно породице, што је морало да се одрази и на квалитет становања. Промењени друштвени односи и објективно повећани просторни захтеви доводе у питање овакве шеме и оне се јављају као знатно ограничење.

Локационе карактеристике

Објекти из овог периода се јављају у градској структури двојако: као појединачне интервенције у оквиру унапред дефинисане градске матрице или као групације објеката постављених најчешће у тзв. павиљонском распореду. За оба појавна облика је карактеристично да су локационо везани за област данашњег "ширег центра града" односно поростора код којих је вредност локације у односу на вредност објеката веома изражена.

Појединачне интервенције су се углавном јавиле као попуњавање матрица настало услед разарања у току рата или жеље за формирањем нових блокова једнообразно третираних у домену форме и спратности. За овакве објекте је карактеристичан ивична градња, уграђени или угаони објекти

уз поштовање унутрашње катастарске матрице. Парцелација је најчешће остајала непромењена или делимично измењена уколико се радило о већем обиму интервенције у оквиру самог блока вођено жељом за формирањем јавних, заједничких простора. Ређи су случајеви да је вршена шира интервенција уз ослобађање средишта блока и његово отварање.

Ограничење које овакви објекти генеришу се првенствено везује за могући опсег и интензитет интервенција због детерминисаних односа према суседним објектима и поштовању њихових особености као и услед ограничених парцела које често нису адекватне за свеобухватнији процес оптимизације или једноставније за економски оправдани грађевински захват.

Промена парцелације која је веома често била планирана и која би данас знатно олакшала процес оптимизације, међутим није спроведена услед комплексности процеса експропријације и потреба за рушењем заосталих објеката у блоковима. Овакав процес је данас још мање изгледан услед промене власничких односа и непостојања економске исплативости инвестиција.

Павиљонски тип диспозиције објеката се у посматраном периоду јавио као нови урбани мотив покушај разбијања класичног блока и стварања нове матрице. Иако је касније овај тип организације блока напуштен он има своје квалитативне особености које би требало препознати и задржати. Формирање матрице која је делимично отворена уз низање објеката паралелним понављањем је довела до повећања слободних простора између објеката и по први пут увођењу веће количине зеленила. Јасноћа матрице и просторни односи су квалитети који се морају задржати те се они у одређеном смислу могу сматрати и ограничењима за свеобухватнију интервенцију.

Волуметријске карактеристике

Појавни облици објеката схваћено на начин како је то описано у процесу идентификације типова објеката нису својствени само овом периоду али са собом носе одређена ограничења. Идући од слободностojeћих ка уграђеним објектима уз варирање типа парцелације јасно је да се могућност за ниво интервенције смањује.

Габарит објекта у овом периоду је углавном усаглашен са окружењем и лимитиран технологијом градње односно инсталираним системима и све до појаве стамбених кула

крајем овог периода (нису предмет проучавања) он се најчешће јавља као примарно кубични волумен јасних облика без секундарних елемената и умерене спратности.

Спратност је углавном $p+4$ до $p+5+pk$, објекти су са или најчешће без лифтова.

Ограничења нису везана за третман волумена већ за спратност јер лимитира могућности проширења у вертикалном правцу на максимално 1 до 1.5 етаже. Уколико се узме у обзир потенцијална вредност инвестиције и потреба за евентуалном променом волумена као економског генератора интервенције однос добијеног према уложеном је на граници исплативог. Наравно могуће је извршити и значајније интервенције уз максималније повећање волумена, међутим преласком у тзв. високе објекте долази се до сложенијих противпожарних и сеизмичких прописа што поново доводи у питање оправданост поступка.

Структура објекта у смислу организационе шеме основе не представља посебно ограничење, осим у случају двотрактних система чија заступљеност није масовније изражена.

Конструктивно материјалне карактеристике

У посматраном временском периоду најизраженији конструктивни систем је била масивна градња и то углавном опеком или бетонским блоком. У каснијем периоду приликом изградње нових насеља коришћен је и скелетни армирано бетонски систем градње.

Највећи недостатак масивног система градње изведеног у посматраном периоду се огледа у неиспуњавању прописа који се тичу сеизмичке заштите. Сеизмичко ојачавање оваквих објеката није елемент оптимизације а њихова постојаност у прошлости нам говори да је квалитет градње иако неусаглашен са данашњим схватањима довољан да се могу третирати у неизмењеном примарно конструктивном саставу.

Масивни склоп је настао као последица технолошки једноставног система градње, ограничене спратности и расположивог грађевинског материјала. У систему градње он се јавља двојако као подужни и попречни конструктивни склоп. Иако је због разлога термичке заштите (искуствено а не на основу прописа) дебљина фасадних зидова била идентична, ограничења која носе ови склопови су различита. Подужни склоп претпоставља ограничавање величина фасадних отвора и знатно отежава могућност ефикаснијег повећавања габарита повезивањем већих простора кроз равну фасаду. За

разлику од њега попречни склоп је више ограничавајући према унутрашњој структури објекта онемогућавајући ефикасније реструктурирање основе.

Са аспекта материјализације највеће ограничење али истовремено и потенцијал за интервенцију представља одсуство термоизолације. Масивни зидови представљају базу за адекватну акумулацију топлотне енергије уз одговарајуће изолационе слојеве. Овакав поступак је стандардни полазни принцип оптимизације уз разрешавање питања третмана отвора и дерења архитектонских детаља.

Елементи омотача у виду прозора и врата ће бити обрађени приликом анализе поступака оптимизације.

Инфраструктурне карактеристике

Од инфраструктурних система посматрани објекти најчешће нису прикључени на систем централног грејања док је опремљеност другим системима задовољавајућа. Овде је важно напоменути да у складу са претпостављеном трајношћу појединих система стање инфраструктурних мрежа може представљати посебан елемент анализе у контексту укупних интервенција.

3. Ограничења локације

У досадашњој пракси на избор локације су у највећој мери утицали економски фактори и расположивост земљишта, као и технофизички критеријуми међу којима енергетска потрошња није заузимала значајније место. Ако се овом параметру да место које му и припада у контексту одрживе архитектуре, онда и параметри који утичу на избор и планирање локације добијају додатна ограничења и карактеристике. Уколико постоји могућност избора између већег броја релативно равноправних локација потребно је испитати све алтернативе и изабрати оно решење које ће омогућити рационалну потрошњу енергије и заштиту окружја.

Пре почетка изградње стамбеног насеља или реконструкције постојећег, потребно је извршити анализу локације, како би се утврдиле оне карактеристике које утичу на макро и микроклиму и одредили потенцијали за уштеду енергије. Укупна анализа локације треба да обухвати истраживање физичких фактора, као што су: клима, коришћење земљишта, конфигурација, дренажа, састав земљишта, вегетација, специфичне карактеристике итд. Када су карактеристике локације утврђене и

извршена њихова анализа, задатак биоклиматског планирања је да максимално искористи оптималне карактеристике локације, а да се негативни елементи сведу на минимум.

У овом раду посебно су обрађени следећи ограничавајући фактори локације у мери у којој утичу на могућности побољшања енергетске ефикасности постојећих зграда у процесу њихове обнове и адаптације. То су:

- клима локације,
- конфигурација,
- оријентација,
- изложеност ветру,
- вегетација,
- међусобни односи зграда.

Клима локације

Једна од најзначајнијих карактеристика локације је њена клима. Параметри климе од значаја за енергетске карактеристике зграде су: температура и влажност ваздуха, ветар (периоди кад се јавља, брзина, учесталост, правац), количина сунчевог зрачења. Како је избором објекта који се рехабилитује или адаптира и дограђује извршен и избор његове локације, то је самим тим дефинисана и његова клима.

Ипак, може се рећи да свака локација има сопствену, тзв. микроклиму, коју карактеришу локална климатска одступања од регионалне климе. До ових одступања долази услед разлика појединих микролокација у односу на надморску висину, нагиб и његову оријентацију, конфигурацију, близину великих водених површина, итд. Такође и параметри локације као што су околни објекти или зеленило могу битно да утичу на формирање микроклиме локације. Ове карактеристике резултују у малим али значајним разликама у дневним температурама ваздуха, изложености ветру и Сунчевом зрачењу, што се одражава на енергетске потребе зграде о чему ће касније бити више речи.

Посебно неповољним сматрају се локације које имају микроклиматски ниске околне температуре, локације са изразито великим интензитетом ветра, локације са малим зрачењем Сунца, локације са изразито великим загађењем ваздуха и маглom, док се повољним локацијама сматрају благе падине окренуте југу и раван терен заштићени од неповољних ветрова. Без обзира на ком типу локације се објекат налази, услови сваке од ових локација могу се у већој или мањој мери побољшати и на тај начин омогућити побољшање енергетске ефикасности објекта у процесу његове рехабилитације.

Конфигурација

При постављању објеката на терен мора се водити рачуна о облику локације, њеним неправилностима, падовима, равним и нагнутим деловима и њиховој оријентацији. Најбоњим обликом локације, са енергетског аспекта, могу се сматрати локације које имају облик правоугаоника, са широм страном у правцу исток-запад и ужом страном у правцу север-југ. На овај начин оптимизира се природна вентилација отворених простора унутар урбане структуре. Објекти на таквој локацији такође се развијају дуж осе исток-запад, како би се што већа површина изложила сунцу и прикупила енергија на пасиван начин.

Конфигурација терена има изразит утицај на организацију урбанистичког плана, густину изградње и у великој мери одређује микроклиму, нарочито температурни ниво, правац и брзину ветра. У удолинама и незаштићеним положајима на врху брда, просечне температуре, по правилу су ниже, а при јужним оријентацијама више него у околном подручју. Ова општеприхваћена правила могу се позитивно искористити, тако да се изградња одвија у повљним микроклиматским условима, чиме се постижу мањи топлотни губици. Површинска вода такође утиче на климу. Вода може да рефлектује зраке и повећава соларно оптерећење фасада, а може утицати и на хлађење околног ваздуха

У урбаном окружју, у долини или у подножју брда скупља се током ноћи хладан ваздух. Сличан феномен се одиграва на урбаним платоима. У овим подручјима температуре у току ноћи могу да буду ниже чак и за 8°C зими, и 5°C лети, него температуре на равном терену.

Најповољнијим локацијама сматрају се падине окренуте ка југу јер обезбеђују већу и неометану изложеност сунцу, повећану температуру и побољшање микроклиме. Повољан однос нагиба терена и правца Сунчевих зрака омогућава мања растојања објеката и омогућава постизање већих густина, јер се зграде могу поставати ближе једна другој, а да при том не ометају приступ Сунчевих зрака. Северно оријентисани нагиби траже значајно повећање размака и смањење висине објеката.

Зграде се често постављају на узвишења, да би се обезбедиле лепше визуре, али зато троше знатно више енергије у односу на заштићене локације или локације на

равном терену. На вишим положајима, при ведром времену, хладније је него у равници, али Сунце може бити интензивније.

Код обнове зграда, не постоји могућност измене конфигурације терена локације, па све негативне карактеристике и даље представљају ограничавајуће факторе при реконструкцији и побољшању енергетске ефикасности. У таквим случајевима негативне карактеристике локације треба ублажити превасходно применом вегетације.

Вегетација

Утицај вегетације на микроклиму локације је изузетно значајан и огледа се кроз:

- утицај на температуру локације
- заштиту од сунца и
- заштиту ветрова.

Да би се правилно оценио утицај вегетације, како постојеће тако и новоформиране, потребно је познавати опште принципе утицаја, врсту зеленила (начин и брзину раста специфичне врсте, густину крошње, проценат грана, период вегетације...) а при анализи третирати га као и објекат који баца сенку и спречава осунчање околних објеката. Третман зеленила је исти и за нове локације и за локације на којим асе врши енергетска рехабилитација објекта.

Утицај на температуру

У току лета, дрвеће снижава температуру ваздуха путем хлађења и испаравања као и путем апсорбовања или скретања Сунчевих зрака. У току зиме помаже да се ублаже ниске температуре апсорбовањем Сунчевог зрачења и спречавањем удара ветра, чиме се смањује замрзавање.

Међутим, понекад зеленило може да има и неповољан утицај: у заветринама које се налазе у долинама и на косинама могу, уколико постоји густо растиње и неповољна конфигурација терена, могу настати подручја хладног ваздуха, које смањују средње температуре близу тла и до 3 °C.

Вегетација као заштита од сунца

Вегетација прати промену Сунчевог зрачења током године и пружа оптималну заштиту: током зиме на листопадном дрвећу лишће опада и омогућава осунчање објеката испред којих се налази док лети када је олистало пружа изузетно добру заштиту формирањем сенке. При избору врсте дрвећа у пројекту хортикултуре потребно је да се води рачуна о брзини раста

дрвећа, густини крошње и густини грања током зиме како би се постигли оптимални ефекти вегетације.

Поред директне заштите зграда, вегетацијом могу да се побљошају и услови у околини објеката и на отвореним просторима, трговима. Ради заштите од летњег сунца, треба пројектовати перголе, засенчене стазе и тремове око зграде да би се створиле осенчене зоне у току летњег периода.

Близина дрвећа и друге вегетације може утицати и на количину дневног светла које улази у зграду, па је врсту растиња потребно ускладити са наменом објекта и потребом за дневним осветљајем.

Вегетација као заштита од ветра

Заштита од ветра зеленилом може се постићи двојачко:

- зеленилом се формира нека врста бедема који више или мање, у зависности од густине растиња, ставарају поља заветрине и
- густи појас зеленила скреће ветрове са правца струјања тако да не постоји директни удар ветра на објекат.

Густо зеленило, комбиновано високо дрвеће са ниским растињем, формира заклон иза кога настаје подручје без ветра, подручје са подпритиском. Његова величина директно зависи од величине заклона, па при урбанистичком планирању треба водити рачуна и о непосредном окружју.

Положај дрвећа на локацији

Четинарско дрвеће и жбуње које је погодно за заштиту од хладних ветрова и контролу снежних наноса, пре свега, треба садити на северном делу, али га не треба искључити на осталим странама локације. Препоручује се да се четинарско дрвеће сади на јужној граници великих отворених простора као што су улице, паркови, школе или индустријска подручја где његова сенка не утиче на зграде којима је потребно сунце.

При изради плана распореда вегетације на локацији важан фактор који се мора узети у обзир јесте да дрвеће треба садити на довољном растојању од зграде и других околних објеката да не би угрозило темеље или инфраструктуру на локацији (спољни водовод и канализација, одвођење кишнице, електричне и телефонске инсталације, инсталације грејања итд).

Ради ублажавања негативних климатских услова у различитим годишњим добима најбоље је комбиновати четинарско и листопадне дрвеће на истој локацији. Овим се постиже осенчење и спречавање удара ветра уз максималан продор Сунчевог зрачења и дневног светла.

Распоред зеленила треба планирати према следећим критеријумима, и на тај начин допринети смањивању трансмисионих губитака топлоте и бољој вентилације зграде:

- приликом сађења нових засада из биолошких разлога треба водити рачуна о усклађености са постојећом вегетацијом на том подручју;
- распоред и густина сађења треба да спрече непотребно осенчавање зграде, нарочито у току зимских месеци, јер ће, иначе, смањена количина зрачења онемогућити пасивно коришћење Сунчеве енергије;
- сађењем дрвећа и жбуња на локацији смањују се вртложна струјања и јачина ветра, знатно ефикасније него грађевинским мерама (насипи, чврсте препреке, ограде);
- гушћа вегетација има бољи заштитни ефекат на смањење брзине ветра од чврстих баријера; равне баријере у облику зида проузрокују турбуленцију при врху, што смањује ефекат заштите.

Међусобни односи објеката

За дату локацију, постојање околних објеката представља значајан ограничавајући фактор, поготово када се у процесу рехабилитације фонда у циљу постизања боље енергетске ефикасности тежи и примени соларних система.

Постојање околних објеката је један од створених услова који се не може мењати а који дефинише осунчање објекта. У принципу, објекти који користе соларну енергију се зато лоцирају тако да њихова јужна фасада, односно површина која прикупља енергију, никада не буде у сенци суседних објеката. Овај услов је испуњен онда када се објекат не налази у сенци постојећих објеката на дан зимског солстиција, када Сунчеви зраци падају под најмањим углом и формирају највеће сенке.

Облик и величина сенке неког објекта у одређеном тренутку зависе од географске ширине, доба дана и величине самог објекта. Однос Сунца према згради, а самим тим и величина сенке, дефинисан је упадним углом Сунчевих зракова угловима хоризонталне и вертикалне сенке. Ови углови се мењају са променом положаја Сунца на небу. Најмања вредност

упадног угла Сунца је у периоду зимског солстиција, те је та вредност и гранична вредност на основу које се одређује међусобно растојање објеката. За потребе пројектовања облик и величина сенке дефинишу се за период 9-15 часова јер је рано ујутру и после 15 часова интензитет Сунчевог зрачења зими мали, а и временски услови често онемогућују прихватање директног Сунчевог зрачења. Вредност упадног угла Сунца и угла хоризонталне и вертикалне сенке могу се одредити рачунским и графичким путем.

У процесу рехабилитације објекта и побољшања његове енергетске ефикасности, на основу односа са суседним објектима, потребно је одредити се за једну од могућности:

- рачуна се са могућношћу примене соларних система када се прорачуном осунчаности докаже да је довољна површина објеката осунчана током године, кроз техноекономску анализу доказује се оправданост инвестиције у системе
- ако примена соаларних система није могућа, побољшање енергетске ефикасности врши се само на нивоу смањења топлотних губитака.
- при реконструкцији објекта треба водити рачуна да се променом његовог габарита, доградњом етажа или повећањем у попречном и подужном правцу не угрози осунчаност других објеката, чиме би се онемогућило побољшање њихове енергетске ефикасности.

У случају да на локацији долази до изградње нових објеката, њихов положај, облик и величина требало би да буду одређени тако да побољшају услове осунчања постојећих објеката у суседству. Овај принцип најчешће је у сукобу са принципима блоковске изградње и већих густина становања односно већим вредностима урбанистичких параметара као што су индекс изграђености и заузетост парцеле. У том случају регулационим плановима кроз правила грађења треба предвидети читав низ мера и могућности за смањење растојања између објеката, као што су асиметричан профил улице, прилагођавање пада крова углу сунчевих зракова, повећавање габарита објекта у приземљу, делимично закопавање јужних објеката, чиме се омогућава постизање жељених густина и слободније урбанистичко пројектовање уз очување принципа осунчаности постојећих објеката.

Оријентација

Приликом планирања и пројектовања урбаних структура недовољно пажње се поклања оријентацији зграде и преовладујућим условима Сунца и ветра, упркос чињеници да њихово зналачко коришћење омогућује смањену потрошњу енергије за грејање, хлађење и осветљење.

Савремени хигијенски нормативи захтевају да стамбене зграде буду лоциране, оријентисане и пројектоване на такав начин, да што више просторија, а нарочито оне у којима се највише борави, буду довољно осунчане. „Критеријум довољне осунчаности“ захтева да трајање осунчаности на референтни дан, тј. 21. фебруара или 21. октобра (северна хемисфера) не буде краће од два сата. То време је довољно да ултраубичасти зраци Сунчевог спектра, који делују бактерицидно, умање вирулентност многих микроорганизама, а неке од њих и униште.

Треба нагласити да се у неким случајевима ови захтеви не могу потпуно задовољити што се негативно одражава на квалитет станова. До овога може, на пример, доћи у зградама које се налазе у склопу густо насељених урбаних структура. За дату локацију и објекат који се обнавља стога је потребно да се одреди кретање Сунца у току године да би се установило како се зграда осунчава лети и зими. Ако је зграда осунчана током целе године, онда се може сматрати погодном за примену соларних система у процесу обнове као једним од начина за постизање енергетске ефикасности. Али и у том случају као и у случају да зграда није осунчана, неопходно је применити мере смањења потрошње енергије мерама као што су промена облика зграде, побољшана изолација, побољшан квалитет прозора, примена застора и т.д.

Изложеност локације ветру

Ветар утиче на зграду на два начина. Лети има повољан ефекат хлађења и смањује потребу за вештачком вентилацијом, док у осталим периодима године, а нарочито у току грејне сезоне, знатно повећава топлотне губитке због веће брзине и повећане иофилтрације кроз отворе и омотач зграде. Зграде и локације треба да буду пројектоване тако да омогуће приступ ветру који хлади ваздух лети и да умање хладне ефекте ветра у јесен, зиму и пролеће.

Кретање ветра између изграђених објеката изазива интеракцију између ветра и изграђених маса. Објекти утичу

на кретање ветра обликом, димензијама и распоредом, стварајући око себе зоне различитог притиска. Зауоставање ваздуха на страни зграде која је изложена струјању последица је отпора средине, односно дејства силе инерције околног ваздуха. Отпор средине зависи од брзине и густине ваздуха, облика зграде и турбулентности атмосфере. На заклоњеној страни зграде формира се зона негативног притиска са извесном турбуленцијом и стварањем вртлога. Где год се слојевити токови одвајају од површине неког тела стварају се вртлози.

Приликом обнове зграде у циљу њене веће енергетске ефикасности, утицај ветра је један од фактора коме треба посветити посебну пажњу. Поред података добијених од метеоролошких станица, потребни подаци могу се добити и испитивањем становника, будући да у урбаним структурама постоји велики број препрека које могу да значајно измене карактеристике ветра. Поред интервенција које се раде на самој згради а које се тичу побољшања карактеристика омотача, потребно је пројектовање и специјалних заштита, односно усмеривача ветра како би се променљивост потреба за ветром најбоље искористила. Мада је могућа изградња грађевинских објеката са овом наменом, са аспекта одрживости и заштите човекове околине треба се одредити за заштиту зеленилом о чему је раније било више речи.

¹ У оквиру активности на изменама важеће регулативе из области грађевинарства, група стручњака ангажована да преиспита ситуацију у области реконструктивних захвата на постојећим објектима дала је предлог појмова који би дефинисали различите нивое интервенција на објектима (одржавање, обнова или модернизација, рационализација, доградња или надградња), као и предлоге начина да се они технички исправно спроведу. Група аутора, *Одржавање, обнова и реконструкција објеката вишепородичног становања и пословања, препоруке*. Архитектонски факултет Универзитета у Београду и Министарство урбанизма и грађевина Републике Србије, Београд, 2003. (даље *Препоруке*)

² *Закон о планирању и изградњи*, Службени гласник Републике Србије бр. 47 из 2003. године.

³ *Правилник о општим условима о парцелацији и изградњи и садржини, условима и поступку издавања акта о урбанистичким условима за објекте за које одобрење за изградњу издаје*

општинска, односно градска управа, Службени гласник Републике Србије бр. 75 из 2003. године.

⁴ Детаљан преглед важећих прописа из наведених области могу се наћи у *Препорукама*, 14, 20-24, 38-40, 43, 47, 54, 56, 60, 61, 66-68, 71, 73, 76, 84, 97.

⁵ Питања везана за ваздушни комфор могу се наћи у *Препорукама*, 47-9. Иста књига обухвата и предлоге решавања специфичних ситуација које се могу јавити приликом различитих нивоа интервенција на објектима уопште.

⁶ Реч је о следећа два прописа: *Правилник о минималним техничким условима за изградњу станова*, Службени лист СФРЈ бр. 45 из 1967. године, односно, *Услови и технички нормативи за пројектовање стамбених зграда и станова*, Службени лист града Београда бр. 32/IV из 1983. године. (даље *Услови за пројектовање стамбених зграда*)

⁷ *Услови за пројектовање стамбених зграда*, 154-64.

⁸ Видети *Препоруке*, 43-6.

⁹ Видети Радивојевић А., "Искусва и правци развоја стандарда из области термичке заштите код нас и у свету", *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре, део 1, Анализа структуре грађевинског фонда*, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд, 2003.

¹⁰ Исто, 115-22.

¹¹ *Закон о културним добрима*, Службени гласник СРС бр. 6 из 1990.

¹² О питањима очувања аутентичности и вредности споменика културе видети Нешковић Ј., *Ревитализација споменика културе*, Архитектонски факултет, Београд, 1986., 43-61.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

699.86

**НАУЧНО истраживачки пројекат „Енергетска
оптимизација зграда у контексту одрживе
архитектуре”**. Фаза 2, Могућности
унапређења енергетских карактеристика
грађевинског фонда / [руководилац пројекта
Милица Јовановић Поповић ; аутори Милица
Јовановић Поповић... и др.]. - Београд :
Архитектонски факултет Универзитета, 2005
(Београд : Чигоја штампа). - 183 стр. :
илустр., табеле ; 24 cm

Подаци о ауторима преузети из импресума. -
Тираж 200. - Библиографија: стр. 181-183 и
уз поједине радове.

ISBN 86-80095-74-5

1. Јовановић Поповић, Милица
а) Зграде - Топлотна изолација б) Зграде
- Топлота - Оптимизација
COBISS.SR-ID 122547212