



[2] 2014 2[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

XXX-XXX Прегледни научни рад | Review paper

UDK I UDC 502.3/.7:728

DOI 10.7251/AGGPLUS1402032C

Рад примљен | Paper received 04/12/2014

Рад прихваћен | Paper accepted 26/12/2014

Саша Б. Чворо

Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет,

4plus.arhitekti@gmail.com

АНАЛИЗА МЈЕРЉИВИХ
УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА КВАЛИТЕТА
ВАЗДУХА КАО ОСНОВА ЗА
УНАПРЕЂЕЊЕ ВАЗДУШНОГ
КОМФОРА У ЗГРАДАМА

ANALYSIS MEASURABLE
INFLUENCING FACTORS AIR
QUALITY AS A BASIS FOR
THE IMPROVEMENT OF AIR
COMFORT IN BUILDINGS

Прегледни научни рад
Review paper
Рад прихваћен | Paper accepted
26/12/2014
UDK | UDC
502.3/.7:728
DOI
10.7251/AGGPLUS1402032C

Саша Б. Чворо

*Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет,
4plus.arhitekti@gmail.com*

АНАЛИЗА МЈЕРЉИВИХ УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА КАО ОСНОВА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ВАЗДУШНОГ КОМФОРА У ЗГРАДАМА

АПСТРАКТ

Рад је фокусиран на значај ваздушног комфора и енергетске ефикасности у градитељству и могућност њихове примјене у архитектонском пројектовању. Обезбјеђивање адекватног комфора у физичком оквиру директно утиче на здравље и радне способности људи и значајно повећава потрошњу енергије. На обезбјеђење одговарајућег квалитета ваздуха, односно ваздушног комфора унутрашњег простора, отпада између 30% и 40% укупне потрошње енергије у процесу коришћења грађевинског фонда. У раду је посебна пажња посвећена анализи мјерљивих утицајних фактора ваздушног комфора: објективним параметрима квалитета и влажности ваздуха.

***Кључне ријечи:** архитектонски простор, ваздушни комфор, објективни параметри квалитета ваздуха, влажност ваздуха.*

ANALYSIS OF MEASURABLE INFLUENCIAL FACTORS OF AIR QUALITY AS A BASIS FOR THE IMPROVEMENT OF AIR COMFORT IN BUILDINGS

ABSTRACT

These research is focused on the importance of air comfort and energy efficiency in civil engineering and the possibility of their application in architectural design. Provision of an adequate comfort within the physical framework directly impacts the health and working abilities of people and considerably increases the energy consumption. Provision of adequate air quality, i.e. air comfort of indoor space accounts for 30% to 40% of total energy consumption in the course of utilization of construction facilities. In this paper, special attention was paid to the analysis of measurable factors influencing air comfort: objective quality parameters and air humidity.

***Key words:** architectural space, air comfort, objective quality parameters, air humidity.*

1. АРХИТЕКТУРА И КВАЛИТЕТ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Квалитет животне средине у архитектонском 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. Поред стандардизованих, физички мјерљивих амбијенталних услова /нпр. температуре ваздуха, осветљености, јачине звука/, на осјећај удобности утичу и субјективни параметри који зависе од појединих корисника простора, односно физиолошки критеријуми /нпр. старост, пол, конституција/ и посредни услови удобности /нпр. одијевање, активност/ [1: 55]. Из овога је видљиво да удобност у простору није фактор који се може тачно квантификовати, већ умјесто тога представља низ појединачних емпиријских вриједности на основу којих свака појединачна особа дефинише доживљај животног окружења као пријатан или не за боравак и рад у одређеном простору.

Најчешћа класификација параметара удобности базира се на задовољавању основних физичких карактеристика у простору, које првенствено подразумевају општу топлотну удобност. Тако се као примарне карактеристичне величине топлотног комфора наводе елементи који дефинишу термичку регулацију организма /температура ваздуха у просторији, температура површина које ограничавају просторију, релативна влажност и брзина ваздуха у просторији у близини тијела/ [2: 4.2], док се као секундарни утицајни елементи наводе одређени посредни параметри /ниво одјеვენости, степен тјелесне активности у простору и др./ Остале карактеристике удобности у простору се различито посматрају и групишу, при чему већина постојећих дефиниција посебно истиче у први план једну или двије карактеристике у циљу њихове детаљне класификације.

На квалитет животне средине у архитектонском простору значајно утиче и концентрација онечишћавајућих, по људско здравље штетних материја присутних у ваздуху у зградама. Извор онечишћења у затвореним архитектонским просторима најчешће одређује људска активност. Отворени простори онечишћују се присуством одређених система, уређаја и материјала који емитују велики број различитих супстанци и једињења у ваздух. У развијеним земљама, концентрација онечишћавајућих материја у затвореним просторима је веома слична оној у отвореном простору, односно у атмосферском ваздуху, са међусобним односом концентрације онечишћења у ваздуху у затвореном према отвореном простору у опсегу од 0,7 до 1,3. У екстремним случајевима, концентрација онечишћавајућих материја у архитектонском простору може бити и до пет пута већа од спољашњих онечишћења. Према Центру Уједињених нација за људска насеља /UN – Habitat/ који учествује у укупном развоју и дјеловању система организације Уједињених нација у циљу смањења сиромаштва и промоције одрживог урбаног развоја, квалитет ваздуха у унутрашњем простору је неадекватан, односно неудобан у чак око 30% објеката широм свијета. [3: 3]

У погледу квалитета животне средине, архитектонски објекти 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 осветљење, сунчево зрачење или природно провјетравање. Значај архитектуре у дефинисању квалитета животне средине, а самим тим и обезбјеђивању ваздушног комфора јесте од немјерљивог значаја. Унапређење животних услова, смањење потрошње енергије и очување животне средине подразумева пројектовање и извођење зграда у складу са постављеним циљевима одрживог развоја. Различити

принципи пројектовања и примјењени начини материјализације утичу на очекивани ниво енергетске оптимизације и све елементе комфора у простору.

За архитекту је зато важно да у процесу пројектовања контролише основне физичке параметре удобности у простору, првенствено топлоту, ваздух, свјетлост и звук. Рајнер Банхам је у свом дјелу Архитектура саображена са окружењем постулирао да се услови удобности могу обезбиједити самим зградама /пасивном контролом комфора/ или употребом енергије /активном контролом комфора/, а када бисмо имали могућност неограниченог снабдијевања енергијом, могли бисмо обезбиједити удобност, односно квалитет живљења и без самих зграда. [4: 34–36]

У већини случајева се ослањамо на заједничко дејство ове двије врсте контроле комфора у унутрашњем 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 и да обезбиједи задовољавајуће услове ваздушног комфора са мало енергије или без коришћења енергије, осим из непосредне околине и 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. [5: 122–128]

2. УТИЦАЈНИ ФАКТОРИ ВАЗДУШНОГ КОМФОРА

Ваздушни комфор је резултат свих услова којима се обезбјеђује потребна количина и квалитет чистог ваздуха у затвореном простору без ризика по здравље корисника. Квалитет ваздуха обухвата сва она нетоплотна дејства ваздуха у простору, која утичу на удобност и здравље људи. Квалитет ваздуха у просторији одређен је с једне стране квалитетом доведеног атмосферског ваздуха, а са друге онечишћењима условљеним коришћењем и простором.

Појам квалитета ваздуха и ваздушни комфор се доводе у везу са топлотним комфором због узрочно-посљедичне везе система за гријање, вентилацију и климатизацију зграда и квалитета ваздуха у просторији, дефинишу се посебни хигијенски услови који су одређени квалитетом доведеног ваздуха и онечишћењем условљеним коришћењем и простором [6: 38] или су одређени у склопу скупних хигијенско-физичких услова који подразумевају низ широко постављених параметара /нпр. чистоћа ваздуха, ниво буке, освјетљење, изглед просторије/ [7: 13]. Захтјеви који се постављају у циљу обезбјеђења ваздушног комфора у архитектонском простору, а важни су за осјећај удобности

корисника простора, јесу да ваздух треба да је свјеж и пријатан, те да не смије представљати ризик по здравље људи.

За процјењивање квалитета ваздуха у архитектонском простору одлучујућа су два основна утицајна фактора:

- Објективни параметри, односно састојци ваздуха који се могу одредити мјерењем /нпр. концентрација угљен-диоксида, лебдећа органска једињења или честице/,
- Субјективни параметри, који су дефинисани осјећајем удобности појединаца у одређеном простору.

Састав ваздуха у простору, за разлику од атмосферског ваздуха, одређује се на основу могућих онечишћења из просторије, која се јављају нарочито од испарења и дисања присутних особа. Овај ниво загађења посебно је повезан са начином живота, активностима и нивоом хигијене корисника простора. Такође, постоје и други извори загађења које не проузрокују особе у простору, а који зависе од намјене простора, примијењених грађевинских материјала, намјештаја, инсталационих система и нивоа опремања зграда.

Објективни параметри подразумевају она загађења која не угрожавају здравље људи и која су само непријатна, неугодна или иритирајућа. Ризик по здравље људи због удисања загађеног ваздуха, по правилу може да се очекује само онда када се одређено загађење појединачно јави у високим концентрацијама у виду штетних материја, а што захтијева посебан начин посматрања и због тога се не узима при процјени квалитета ваздуха у простору. [8: 86]

Квалитет ваздуха се такође може одредити и на основу субјективног осјећаја појединаца, односно задовољства корисника простора. Индивидуални захтјеви за квалитет ваздуха зависе од осјетљивости и нивоа перцепције и могу да се разликују од особе до особе. Мјера за квалитет ваздуха је број незадовољних особа корисника одређеног простора. Међународна ознака за проценат незадовољних особа је PD /Percentage Dissatisfied/. [8: 86] Квалитет је висок уколико је незадовољан само мали број особа и када се може занемарити ризик по здравље људи. Квалитет је низак када је велики број незадовољних особа и/или када постоји симптоматични ризик по здравље. Квалитет ваздуха, у овом смислу, представља задовољење људских потреба. [8: 84]

Постојеће норме о квалитету ваздуха у унутрашњем простору полазе од претпоставке да је провјетравање зграда потребно да би се онечишћење ваздуха svelo на прихватљив ниво и створили услови комфора у којем се људи осјећају удобно, односно да не постоји опасност по здравље. Истовремено се претпоставља да се осјећај удобности у простору односи искључиво на хемијски састав ваздуха, односно да се квалитет ваздуха опажа једино преко чула мириса и хемијског чула /чуло мириса, хемијско чуло и термичко чуло су саставни дијелови људског носа/.

Савремена истраживања показују да на осјећајни квалитет ваздуха итекако утиче температура и влажност ваздуха у простору. Овај утицај се испољава чак и онда када хемијски састав ваздуха остаје непромјењен, односно када нема онечишћења ваздуха и када је термички осјећај људског организма неутралан. [9: 503–510]

Такође, одређена истраживања показују да се повећањем влажности у ваздуху и порастом температуре ваздуха смањује количина удахнутог ваздуха. Расхлађење респираторног тракта и цијелог организма, а самим тим обезбјеђење удобности у простору остварује се довољном количином сувог и свјежег ваздуха. Дисањем се

проузрокује топлотни губитак од само око 10% од укупног одавања топлоте људског организма. Температура и влажност имају утицај на укупни топлотни осјећај човјека, те играју и значајну улогу у осјећајном квалитету ваздуха. Умјерено ниска влажност /испод 40%/ и температура у доњој области термичке неутралности људског организма, побољшавају осјећајни квалитет ваздуха, а самим тим и редукују потребни ниво и учинак принудног провјетравања и утичу на уштеду енергије у зградама. [8: 95]

У циљу процјене квалитета ваздуха и одређивања адекватних архитектонских мјера за унапређење ваздушног комфора унутрашњег простора, првенствено путем природног провјетравања, у наставку рада се даје преглед и анализа основних мјерљивих, објективних, параметара квалитета ваздуха у архитектонском простору и утицаја влажности на квалитет ваздуха.

3. ОБЈЕКТИВНИ ПАРАМЕТРИ КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА

Онечишћење ваздуха у просторијама у којима бораве и раде људи настаје због испаравања људског организма /угљен-диоксид, амонијак, метан, масне киселине и др./, намјештаја, унутрашњих облога /зидних, плафонских и/или подних завршних материјала/, грађевинских материјала /формалдехид и др./, система за гријање, сагоријевања и издувних гасова аутомобила /угљен-моноксид, уљне паре и др./, неконтролисаног продирања атмосферског ваздуха у унутрашњи простор, припремања хране, одјеће, средстава за одржавање хигијене, козметике, мириса из санитарних чворова и инсталационих система, труљења, буђи и многих других фактора.

У погледу грађевинске индустрије, један од највећих загађивача ваздуха у зградама и животне средине у простору уопште, јесу синтетичке супстанце и хемикалије које се користе у процесу изградње објеката, инсталационих система, опреме и намјештаја. У том смислу, трансформација нестабилних једињења у гасовито стање изазива значајно онечишћење ваздуха са мањим или већим посљедицама по здравље људи. Потенцијално штетан утицај акумулираних токсичних материја у објектима често се може препознати и као стање, тзв. синдром болесних зграда. Здравствени симптоми овог стања се не могу повезати само са једним узрочником, већ су најчешће резултат спреге више онечишћивача ваздуха. [10: 72]

Објективни параметри квалитета ваздуха се, без обзира на своју хетерогену структуру, могу класификовати и прецизно одредити истражним мјерењем. У том смислу, основни параметри онечишћења у ваздуху од значаја за квалитет ваздуха и осјећај удобности састоје се од неживих материја и живих организама и могу се груписати у слиједеће цјелине:

- гасови и испарења,
- материјали и опрема,
- кућна прашина,
- продукти сагоријевања,
- биогене честице,
- природно окружење.

3.1. ГАСОВИ И ИСПАРЕЊА

У основне супстанце гасова и испарења који утичу на онечишћење ваздуха у простору спадају угљен-диоксид, угљен-моноксид, сумпор-диоксид, азот-диоксид, озон, радон, формалдехид и угљиководоници.

Угљен-диоксид /CO₂/ не представља онечишћивача ваздуха у зградама у класичном смислу. И поред тога узима се као најубичајенији параметар за процјењивање оптерећења и квалитета ваздуха у простору. Још у деветнаестом стољећу Макс Јозеф фон Петенкофер /Max von Pötenkofer/ је дефинисао максимално препоручену вриједност од 0,1% или 1.000 ppm за садржај CO₂ у ваздуху, која још увијек важи као најупотребљивија мјера удобности у простору. Угљен-диоксид настаје у затвореним просторијима у току процеса дисања људи и животиња који је прије свега условљен стањем организма /здравствено, старосно/ и нивоом активности, као и путем сваке врсте процеса сагоријевања /нпр. отворени пламен индивидуалних ложишта, кување на плин, гријање на чврста горива, нафтне деривате и др./.

Свјеж и пријатан ваздух у простору садржи око 21,0% кисеоника /O₂/ и 0,03% угљен-диоксида, док ваздух онечишћен дисањем садржи 16,0% O₂ и 4,0% CO₂. Повећање концентрације CO₂ у ваздуху изазива летаргију и непријатне посљедице по људски организам, док концентрација већа од 10% или 100.000 ppm може да изазове губитак свијести и при дуготрајнијем излагању и да узрокује смрт. За прихватљиве концентрације угљен-диоксида у ваздуху неки аутори наводе ниво од 600 до 800 ppm изнад концентрације гаса присутне у атмосферском ваздуху.

С друге стране CO₂ може да се користи и као индикатор осјећајног квалитета ваздуха у простору. Када се особе тестиране о квалитету ваздуха у простору осјећају неудобно, по правилу постоји и виши садржај CO₂ у ваздуху. Такође, када ниво CO₂ у ваздуху у просторији пређе разлику од 1.000 ppm у односу на атмосферски ваздух, може се констатовати неудобан осјећај, односно да је лоше провјетравање у просторији. [2: 6.2]

Према DIN 1946-2 концентрација CO₂ у ваздуху у затвореном простору не би требало да прекорачи 0,15%, због могућег штетног утицаја на здравље људи, а препоручена највећа вриједност која већ прелази у осјећај неудобности у простору је 0,10%. Такође, потребна је количина атмосферског ваздуха од 30 m³/h по особи да би се искључило штетно дејство мириса тијела и угљен-диоксида. У Табели 1. дат је преглед утицаја нивоа концентрације CO₂ на здравље људи. [11]

Табела 1. Утицај нивоа CO₂ у ваздуху на здравље људи

ниво CO ₂ у ваздуху	ефекти по здравље људи
више од 5,0% /50.000 ppm/	акутна опасност по здравље /главобоља и проблеми са видом/
више од 3,0% /30.000 ppm/	повећање пулса и броја удисаја у минути, мучнина
више од 0,35% /3.500 ppm/	дугорочне посљедице по здравље
више од 0,10% /1.000 ppm/	неудобан осјећај у простору, без посљедица по здравље људи

Угљен-моноксид /CO/ је гас без боје и мириса, веома токсичан, а настаје као нуспродукт некомплетног сагоријевања, односно непотпуне оксидације органских материја. Угљен-

моноксид је неорганичко једињење угљеника и спада у групу неутралних оксида /не реагују са водом, киселинама и базама/. Веома је цитотоксичан за жива бића, а спада у групу хемијских загушљиваца и највећих онечишћивача ваздуха.

Најчешћи извор онечишћења ваздуха су градске саобраћајнице, гдје настају знатне концентрације СО од издувних гасова аутомобила, а што може утицати на затворене просторе у урбаним срединама у случају неконтролисаног дотока атмосферског онечишћеног ваздуха унутар зграда. СО је могући узрочник тровања, због чега су дозвољене концентрације изузетно мале /у Француској је максимално дозвољена вриједност 0,003%/. Приликом удисања везује се за хемоглобин у крви и онемогућава измјену гасова у организму. Релативно дуго се задржава у организму, а интензивно излагање може да изазове смрт. Смртоносна доза износи 1.000–2.000 ppm /0,1–0,2 %/ при удисању гаса од 30 минута.

Остала једињења из ове групе супстанци су углавном при концентрацијама готово испод хигијенски штетне границе по здравље људи. Сумпор-диоксид /SO₂/ је безбојни гас загушљивог мириса који настаје спаљивањем сумпора на ваздуху /нупродукт рада аутомобилских мотора и фабричких постројења/. Азот-диоксид /NO₂/ је црвено смеђи токсични гас, са карактеристичним веома оштрим мирисом. Озон /O₃/ је плавичасти гас, општеприсутан у атмосфери, који у слојевима при тлу постаје један од опаснијих загађивача са штетним утицајем на респираторни тракт.

Радон /Rn/ је племенити гас који има штетно дејство по здравље људи /поремећај ћелијске структуре ДНК због високоенергетског, краткотрајног продукта распада радона ²²²Rn, који представља 80% свих радонових изотопа од укупно 27 познатих/. Формалдехид /HCHO/ је гасовито једињење растворљиво у води које се најчешће користи за дезинфекцију, а у већој концентрацији у ваздуху може изазвати иритацију на површини тијела. Угљиководоници су, као органска једињења, састојци растварача, нафте и земног гаса чијим сагоријевањем се ослобађа угљен-диоксид, угљен-моноксид и чађ.

Сви ови гасови се због релативно малих концентрација у ваздуху не елиминишу из зграда путем мјера техничког /активног/ провјетравања, већ се проналазе извори емисије и директно уклањају, односно спречава се онечишћење ваздуха. [2: 6.4]

3.2. МАТЕРИЈАЛИ И ОПРЕМА

Веома дуго се сматрало да грађевински материјали немају негативан утицај на животно окружење људи. У процесу производње тих материјала веома често се користе сировине из индустријског отпада са великим садржајем природне радиоактивности и отровних хемијских супстанци. Савремени грађевински материјали најчешће садрже онечишћавајуће супстанце веома дугог времена испаравања, чиме се повећава концентрација и дужина дејства токсина у непровјетраваном простору, уз све дужи боравак људи у зградама.

У супстанце које онечишћују ваздух, а саставни су дио материјала и опреме у простору који окружује људе, спадају испаравања супстанци присутних у грађевинским материјалима, намјештају, опреми, као и продукти технолошких процеса, рада и људских активности. У Табели 2. је дат приказ основних материјала присутних у зградама који имају штетно дејство по здравље људи. [10: 87–88]

Табела 2. Преглед основних материјала у зградама који имају штетно дејство по здравље људи

Материјал	Извор	Ефекти на здравље људи
Формалдехид	Лијепљени и пресовани производи од дрвета, иверица, лесонит, панел-плоче, шперплоче, лијепак, боје, изолациона пјена.	Нагриза слузокожу очију, носа, надражује респираторне органе, изазива алергију на кожи.
Бензол	Боје, лакови, пластика.	Алергије респираторних органа.
Винилхлорид	PVC пјена за изолацију, подне облоге, сјенила, инсталационе цијеве.	Оштећења респираторних органа, јетре, крвих судова, канцерогено дејство.
Минерална влакна	Грађевински изолациони материјали, стаклена и минерална вуна, тервол.	Надражује респираторне органе, алергија, канцерогено дејство.
Кадмијум	Вјештачки материјали, цементна кошуљица.	Алергија коже, повишен крвни притисак, бубрези.
Азбест	Ватроотпорни материјали, средства за заштиту од пожара, спреј, лак, изолациона пјена, плоче, салонит, етернит, материјал за водовод и гријање.	Азбестоза, штетан утицај на респираторне органе, канцерогено дејство.
Алергени	Текстилни подови и облоге, таписони, итисони, синтетички и пластични материјали, плоче, смоле.	Алергијска обољења респираторних органа, алергије на кожи и слузокожи.
Стирол	Средства за изолацију, лијепак, подне облоге.	Главобоља, депресија, душевна обољења.
Пентахлор-флор	Средства за заштиту дрвета, текстилне облоге.	Оштећења виталних органа.
Епоксид смола	Плочице, подне и зидне облоге.	Алергије, астма.
Олово и други метали	Инсталационе цијеве, боје, лакови.	Осјетљивост код дјече, оштећења бубрега.
Пластика /PVC и VC/	Инсталационе цијеве, средства за заштиту материјала, лакови.	Респираторни органи, алергије, јетра.

Утицај ових супстанци на квалитет ваздуха у простору потиче од:

- производа са штетним испарењима,
- производа са радиоактивним зрачењем,
- производа чијим распадом настају штетне прашине. [11]

Производи са штетним испарењима су највећим дијелом продукти хемијских реакција. Веома често их је немогуће детектовати, а дуготрајним излагањем могу изазвати алергије и друга оштећења имуног система. Непостојане органске хемикалије, растварачи, хлороугљеници, формалдехид, фенол и многе друге хемикалије се релативно лако шире и присутне су у многим грађевинским материјалима, фарбама, декоративним производима и лаковима. Опасност од ових супстанци се може избјећи једино одабиром такозваних нетоксичних, односно еколошких грађевинских материјала.

Ови производи потичу од:

- подних подлога /флорбит, ксилолит, кадмијум/,
- неких пластичних маса које у одређеним стањима емитују органохлориде /боје, лакови, растварачи и хемијски производи у домаћинству/,
- производа на бази формалдехида /композитне плоче, компримовани производи од дрвета, тапете, изолационе пјене, одјећа, текстилне облоге, пресована пластика/,
- растварача у уљаним фарбама /толуен, ксилен/,
- одређених сировина и супстанци за грађевинске производе /бензен/.

Емисију органохлорида подстиче повишена температура, повишена влажност или УВ зрачење. Формалдехид се налази у иверици и сличним вишеслојним производима од дрвета као састојак лијепка /намјештај, завршне унутрашње облоге и др./. У облику уреа-формалдехидне смоле, формалдехид може чинити скоро 10% просјечне мреже компримоване плоче. Толуен је чиста у води нерастворљива течност с типичним мирисом растварача. Он је ароматични угљоводоник који је у широкој употреби као индустријска сировина и растварач. Ксилен је синтетичка хемикалија која се добија из реформата нафтних деривата и катрана каменог угљена. Бензен је безбојна течност карактеристичног мириса и мале вискозности. Отрован је и канцероген и у течном и у гасовитом стању. Употребљава се у хемијској индустрији као растварач, средство за екстракцију и као сировина за друге производе.

Сви грађевински материјали минералног поријекла емитују у одређеној мјери радиоактивно зрачење. Код ових производа утицај на квалитет ваздуха у простору потиче од:

- космичког зрачења /кроз омотач/,
- тла /подземни дијелови објекта/,
- уграђених грађевинских материјала /шкриљац, гранит, шљако бетон, гипс и др./,
- уређаја /инсталациони системи и уређаји, кућни апарати и опрема/.

Фиброзни материјали и честице у ваздуху су мјешавина вјештачких материјала и честица које се природно налазе у ваздуху, а у животно окружење долазе кроз грађевинске материјале у процесу изградње објеката. Старењем губе компактност формирајући fine честице прашине која се таложи у респираторним органима са озбиљним посљедицама по здравље људи.

Производи чијим распадањем настају штетне прашине су:

- азбест и производи на бази азбеста /салонит, етернит/,
- стаклена вуна,
- минерална вуна,
- неке текстилне подлоге, синтетички и пластични материјали, смоле и лијепкови /алергени/.

3.3. КУЋНА ПРАШИНА

Кућна прашина подразумијева разне врсте честица микробских продуката разградње органског материјала, људских, животињских и биљних материјала и неорганске супстанце различитог састава. Кућна прашина је потенцијално опасна по здравље људи у виду концентрације бактерија и опасних честица из спољашњег ваздуха, а може да изазове алергијске реакције код људи.

У просторима који се редовно одржавају, садржај прашине обично не утиче на осјећај удобности. На сувом ваздуху у простору који настаје у гријаним просторијама при ниским спољашњим температурама, садржај прашине у ваздуху је примјетан јер су тињањем прашине на гријним тијелима са вишом температуром, као и стварањем прашине чула мириса осјетљивих особа више надражена. У добро изолованим зградама са нижим температурама гријних тијела стварање кућне прашине није толико изражен проблем. У сваком случају, ова врста оптерећења ваздуха се не може у потпуности успјешно отклонити путем провјетравања, већ се мора прибјежавати уређајима и системима за мануелно уклањање кућне прашине.

По поријеклу, кућна прашина може бити органског поријекла /полен, длачице и др./ и неорганског поријекла /пијесак, метал и др./. Према облику и агрегатном стању, кућна прашина је: прашина, дим, чађ и аеросол.

Под прашином се подразумијевају у ваздуху распоређене дисперзне чврсте материје било каквог облика, структуре и густине, мјерљиве величине честица између 0,02 и 1.000 μm . Дим садржи пепео, катранске и течне саставне дијелове, једињења метала, воду, гасове и паре, величине честица пречника између 0,01 и 1,0 μm . Чађ је правилно распоређени скоро чисти угљеник, често у пахуљицама, величине честица око 1,0 μm и више. У основне параметре аеросола спадају аорганске прашине као влакна и тешки метали, те органске прашине као спојеви угљиководоника и полен, правилно дисперговане у гасу величине честица од 10-4 до 102 μm .

Присуство, односно концентрација кућне прашине у простору је условљена:

- хигијеном и навикама корисника простора,
- намјеном простора,
- величином и обликом простора,
- квалитетом атмосферског ваздуха /као посљедица непосредног животног окружења/.

3.4. ПРОДУКТИ САГОРИЈЕВАЊА

Онечишћење ваздуха од продуката сагоријевања долази првенствено од гасних уређаја и дуванског дима. Примјена провјетраваних гасних уређаја и система провјетравања просторија гдје се исти користе значајно смањује штетне утицаје, док се штетан утицај од дуванског дима може елиминисати само забраном пушења у затвореним просторијама.

Дувански дим води ка значајном онечишћењу ваздуха у простору кроз ослобађање по здравље опасних материја, а представља и потенцијалну опасност по све присутне особе у простору /тзв. пасивни пушачи/. Дувански дим садржи велики број састојака у облику гаса и паре никотин, CO, CO₂, NO, NO₂/, као и течне и чврсте честице. Од 1g дувана настаје 0,5 до 1,0 литара димног гаса, а једна цигарета емитује око 70 mg CO.

Карактеристике дуванског дима значајне за квалитет ваздуха и осјећај удобности у простору су:

- споро се разлаже,
- смањење видљивости у простору, непријатан мирис,
- посљедице по здравље људи: сузење очију, алергија и оштећење респираторних органа, канцерогено дејство,
- доводи до повећања потребе за доводом чистог ваздуха.

DIN 1946-2 предвиђа да се код просторија са додатним изворима онечишћења мирисом као нпр. дуванског дима требају повећати за око $20 \text{ m}^3/\text{h}$ по особи неопходна најмања струјања спољашњег ваздуха преко механичких система за ваздух у просторији. [2: 6.4]

3.5. БИОГЕНЕ ЧЕСТИЦЕ

Биогене честице подразумевају бактерије, гљивице, буђ, плијесни и друге органске материје, биљног и животињског поријекла, које се развијају под одређеним условима. Биогене честице се могу контролисати скоро једино тако што се спречава настанак услова под којима настају и развијају се у простору.

Буђ и плијесни се развијају на влажним и затвореним мјестима, често и на хладним /негријаним/ површинама, лоше изолованим зидовима, таваницама и/или подовима, стварајући тако услове за повећање влажности ваздуха у простору. Процењује се да око 25% респираторних болести и 60% болести плућа има везе са појавом влаге у зградама /HUD, 2001/.

Правилном изолацијом вањског омотача /сви спољашњи елементи објекта без обзира на положај/ избегава се појава хладних површина, а провјетравањем простора се смањује влажност ваздуха, чиме се уклањају скоро сви услови за раст и развој буђи, плијесни и гљивица. Иако постоји преко 20.000 различитих врста буђи, излагање буђи не изазива увијек проблеме са здрављем. С друге стране, гљивице и гљивичне споре су изазивачи бројних обољења која се доводе у везу са онечишћењем ваздуха /нпр. тропске грознице, аспергилозе и др./.

Бактерије садржане у ваздуху имају велики утицај на ширење инфекција путем контаката, изразито путем респираторних капљица, капљичних језгара и путем прашине. Патогене бактерије и њихове споре изазивају обољења биљака, животиња и људи /појава бројних случајева обољења људи у одређеном подручју, нпр. легионеле, гасне гангрене и др./.

3.6. ПРИРОДНО ОКРУЖЕЊЕ

Ризици по здравље људи који се налазе у животној средини се могу избјећи или умањити уколико се обраћа пажња на њихово штетно дејство и уколико се приликом пројектовања води рачуна о одређеним параметрима /нпр. подизање зграда изнад тла у случају радона/. Основни утицајни фактори природног окружења на квалитет ваздуха огледају се у утицају електричних и магнетних поља, радиоактивних и јонизујућих зрачења.

Један од начина природне радиоактивности је еманиација радона из земљишта. Радон је садржан у многим материјалима, одакле се може дифундовати у животну средину, а највеће концентрације се налазе у приземном слоју атмосфере. У високим концентрацијама радон се ослобађа из земљишта и стијена које садрже уран, гранит, глину и фосфате. Транспорт и дисперзија радона и торијума у ваздуху зависи од: вертикалног температурног градијента, смјера дувања и јачине вјетра и турбуленције ваздуха. У атмосферском ваздуху у животној средини радон се налази у веома ниским концентрацијама, док се у затвореном простору може акумулирати у високим концентрацијама. Наелектрисани јони приањају на све материјале, па чак и на честице у ваздуху. Када се ове честице удахну, остају у плућима и стално зраче. [10: 86]

Просјечна вриједност концентрације радона у зградама износи $50 \text{ Bq}/\text{m}^3$, а ван објеката $14 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Концентрација радона до $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$ се може сматрати нормалном, док се за износе преко $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$ предузимају мјере санације објеката и заштите од извора

зрачења. [10: 87] Нагомилавање веће количине радона може да се спријечи провјетравањем простора.

Концентрација радона у зградама зависи од слиједећих фактора:

- конструктивног система зграда и примијењених материјала,
- метеоролошких параметара,
- карактеристика земљишта,
- провјетравања просторија,
- вертикалне удаљености од терена.

Онечишћење ваздуха од радона за просторе у контакту са тереном зависи од утицаја земљишта, док за просторе на вишим етажама зависи од примијењених грађевинских материјала. Грађевински материјали који могу да изазову виши степен излагања радону јесу шкриљац, гранит, шљако-блокови, фосфатна шљака, аерисани шкриљац, гипсане плоче и производи са отпаcima уранијумове конзистенције, док умјерено излагање могу да изазову чак и опекарски производи, бетон нормалне конзистенције и згура. [10: 86] Штетан утицај радона на здравље људи се огледа у поремећајима ћелијске структуре ДНК због високоенергетског, краткотрајног продукта распада радона ^{222}Rn , изазивајући развој канцерогених ћелија.

Најчешћи облици онечишћења су радиоактивне материје везане за праšину у ваздуху /радиоактивни аеросоли/, које продиру у респираторни тракт. Уколико радиоактивне материје /нуклиди/ настају као аеросол, могу да се одстране помоћу филтера у системима активног провјетравања. Гасовите радиоактивне материје се уклањају из ваздуха само адсорпцијом /нпр. активни угаљ/ или апсорпцијом. [8: 82]

У јонизујућа зрачења поред електромагнетских /рендгенско и гама зрачење/, спадају емисије честица, односно јона који су позитивно или негативно наелектрисани атоми. Проласком кроз људски организам ове честице ослобађају енергију јонизујућег зрачења, при чему могу да настану тежа оштећења од зрачења у виду промјена ДНК материјала. Јонизујуће зрачење је истовремено природна појава, али и резултат људских активности.

Карактеристике јонизујућег зрачења значајне за здравље људи су слиједеће:

- више позитивних јона, наступају негативне посљедице по психофизичко стање људи /депресија, мигрене/,
- више негативних јона, изражен је позитиван утицај на стање људи.

4. УТИЦАЈ ВЛАЖНОСТИ НА КВАЛИТЕТ ВАЗДУХА

На осјећај удобности и квалитет ваздуха у простору изражен утицај има и количина воде у облику водене паре у ваздуху, која се јавља у управо пропорционалном односу при одређеној температури. Вода се у ваздуху у просторији појављује на разне начине. Најчешће се водена пара одаје знојењем и дисањем људског и животињског организма, испаравањем воде из биљака, те разним свакодневним људским активностима којима се ослобађају велике количине водене паре. Влажност ваздуха утиче на осјећај удобности чак и онда када хемијски састав ваздуха остаје непромијењен и када је топлотни осјећај преко цијелог тијела неутралан.

У ваздуху увијек постоји одређена количина водене паре, као посљедица чињенице да је вода присутна свуда око нас и да испарава на свим температурама, зависно од:

- температуре ваздуха,
- струјања ваздуха,
- постојеће количине водене паре.

С повећањем влажности ваздуха и с порастом температуре ваздуха, смањује се количина удахнутог ваздуха. Осјећај удобности се постиже удисањем ваздуха, јер се тада постиже хлађење дисајног тракта. Ако не постоји одговарајуће хлађење, сматра се да ваздух није прихватљив, односно да је устајао или загушљив. Умјерено ниска влажност ваздуха у зони људског организма побољшава осјећај удобности и квалитет ваздуха, а истовремено редукује потребни учинак провјетравања и умањује тзв. синдром болесних зграда. [8: 95]

Повећање, односно смањење влажности ваздуха има негативне ефекте на осјећај удобности и животно окружење. У најчешћем броју случајева није потребно додатно влажење ваздуха у затвореном простору стандардне или уобичајене намјене. Иако влажност ваздуха има релативно мали утицај на топлотну удобност у просторијама у којима се борави и ради, при дужој временској изложености утицајима високе влажности у затвореном простору могу се појавити штетни утицаји на опште здравствене карактеристике у простору /нпр. развој микроба/, док врло ниска влажност може изазвати проблеме код људи /нпр. сувоћа коже, иритација очију и сл./.

Ефекти смањења, односно мале влажности могу бити слиједећи:

- повећава се ефекат појединих онечишћивача,
- повећава се количина дуванског дима,
- смањује се могућност адаптације чула мириса,
- спорије се таложу честице прашине,
- долази до појаве електростатичког пражњења.

С друге стране повећана, односно велика влажност може имати слиједеће ефекте:

- при повишеној температури онемогућава знојење организма,
- појава рошења /погодује стварању буђи/,
- појава мржњења /доводи до: разарања, смањења термичких карактеристика материјала и др./.[11]

Потреба за смањењем или повећањем влажности ваздуха у простору утиче на карактеристике мјера за регулацију влаге, а може значајно да утиче и на укупну потрошњу енергије у зградама. Критеријуми предвиђених мјера зависе од дефинисаних, односно пројектованих карактеристика топлотне удобности и квалитета ваздуха у простору.

Принудна контрола влажности ваздуха је потребна само у објектима посебне намјене као што су музеји, храмови, културно-историјски објекти, галерије, одређене здравствене установе и сличне јавне институције. Конкретна мјерења влажности ваздуха врше се мјерењем парцијалних притисака, примјеном закона који се односе на идеалне гасове. У оквиру стандардног опсега температуре ваздуха у простору у којем се борави и ради између 20°C и 26°C, испаравање, односно појава водене паре има веома мали утицај на термичку регулацију организма и укупан комфор у простору. У том смислу се оптимални услови топлотног и ваздушног комфора постижу када се релативна влажност креће између 30% и 70%. У Табели 3. дате су препоручене вриједности релативне влажности за примјену мјера контроле влажности ваздуха. [12]

Табела 3. Препоручене вриједности за примјену мјера контроле влажности ваздуха

Категорија	Релативна влажност /одвлаживање	Релативна влажност /влажење
Висок ниво очекивања / Висок ниво задовољних	50%	40%
Средњи ниво очекивања / Средњи ниво задовољних	60%	30%
Умјерени ниво очекивања / Умјерени ниво задовољних	70%	20%

5. ПРОЦЕНА КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА

Ваздух у зградама треба да посједује карактеристике атмосферског ваздуха, све док исти није онечишћен неубичајеним елементима. У просторијама у којима се борави и ради ниво атмосферског ваздуха треба ограничити до нивоа највише допуштене вриједности, односно концентрацију онечишћења у ваздуху треба држати у нивоу максимално дозвољене концентрације.

Мјерила процјене квалитета ваздуха, која примарно нису одређена само осјећајем удобности, треба да испуне два основна услова:

- да узму у обзир све изворе онечишћења који се јављају у простору или на њега имају дејство,
- да репродукују људски осјећај квалитета ваздуха у простору у смислу дефиниције квалитета, као испуњења људских потреба. [8: 88]

Наведени услови служе као основа за категоризацију квалитета ваздуха у одређеном простору, чији је циљ да се према основним индикаторима онечишћења ваздуха и задовољења комфора дефинише квалитет ваздуха и одреде мјере за његово побољшање.

Према важећим европским стандардима, који дефинишу ову област, препоручене су четири основне категорије квалитета ваздуха у затвореном простору:

- Висок ниво квалитета ваздуха,
- Средњи ниво квалитета ваздуха,
- Умјерени ниво квалитета ваздуха,
- Низак ниво квалитета ваздуха. [13: 17]

Тачна дефиниција наведених категорија зависи од природе извора онечишћења ваздуха који се узимају у обзир, а у складу са њиховим ефектима на простор и људе. У том смислу, извори онечишћења ваздуха могу бити:

- локализовани у одређеном простору /просторији у којој се борави и/или ради/ или дистрибуирани кроз зграду,
- континуирани или дискретни емитери,
- емитери честица или гасова /паре/ органских и неорганских супстанци.

Утицај онечишћавајућих супстанци се може посматрати и у погледу субјективне перцепције квалитета ваздуха /прилагођених или неприлагођених корисника одређеног простора у односу на квалитет ваздуха и вријеме трајања боравка у простору/ или преко прецизно регистрованих утицаја на здравље људи попут иритације слузокоже, токсичних ефеката, инфекција, алергијских реакција или карциногенеза. Поред ових утицајних

фактора, важно је још једном нагласити и значај физиолошких параметара удобности, односно индивидуалних карактеристика корисника везаних за стање, припаданост, понашање и начин живота појединца /пол, узраст, здравствено стање и др./.

Дата категоризација не подразумеива утицаје на квалитет ваздуха изазване високим концентрацијама штетних онечишћивача из атмосферског ваздуха који су опасни по здравље људи, већ је базирана на онечишћењима насталим у зградама и дефинисању осјећаја удобности, односно ваздушног комфора корисника простора. У том смислу основу категоризације представљају слиједеће полазне претпоставке:

- да су људи, односно људски метаболизам, и ниво њихове активности у простору једини извор онечишћења ваздуха који се узима у обзир приликом процјене,
- да се у обзир узима самоперцепција неприлагођених особа у простору. [13: 18]

Најубичајенији параметри за процењивање квалитета ваздуха у простору, ако се узму у обзир онечишћавајуће супстанце као резултат људи и њихових активности, јесу количина CO₂ у ваздуху, те мириси, односно тзв. биофлуенце. Истовремено је CO₂, због веома уједначеног временског тока концентрације са другим онечишћењима у простору, добар показатељ и за емисију људских биофлуенци. У Табели 4. је приказан ниво квалитета ваздуха према нивоу CO₂. [13: 20]

Табела 4. Приказ категоризације према нивоу CO₂ у простору

Категорија	Ниво CO ₂ изнад нивоа атмосферског ваздуха	
	Дозвољене вриједности	Пројектна вриједност
Висок ниво квалитета	≤400 ppm	350 ppm
Средњи ниво квалитета	400–600 ppm	500 ppm
Умјерен ниво квалитета	600–1.000 ppm	800 ppm
Низак ниво квалитета	≥ 1.000 ppm	1.200 ppm

Количина CO₂ коју одаје људски организам, принудно зависи од претварања његове топлоте, изражено кроз јединицу 1 met = 58 W/m² површине тијела. За сваку људску активност, гдје 1,2 met као основна референтна вриједност одговара лакој активности нормалне особе у претежно сједећем положају, и за свако стање атмосферског ваздуха, одређује се потребан проток ваздуха по особи у складу са укупним потребама.

У квалитетним објектима, топлотно изолованим, у току гријне сезоне су корисници простора основни извор онечишћења ваздуха /загађење углавном потиче од мириса и водене паре/. Проток ваздуха би требало да буде између 22 m³/h по особи /што ограничава концентрацију CO₂ до 1.000 ppm изнад концентрације у атмосферском ваздуху/ и 54 m³/h по особи /што ограничава концентрацију CO₂ на око 400 ppm изнад концентрације у атмосферском ваздуху/ што практично значи да ће мање од 10% људи који улазе у просторију бити незадовољно мирисом. [13: 20]

Проток ваздуха би требало да буде много већи у недовољно топлотно изолованим зградама /гдје постоји ризик од појаве и развоја буђи и кондезације водене паре/ или у просторима гдје постоји посебан извор контаминације, укључујући и просторе гдје је дозвољено пушење. Током љетњег периода, минималан проток ваздуха може бити знатно већи у односу на неопходно провјетравање ради спречавања онечишћења

ваздуха како би се евакуисала топлота из простора. Међутим, када спољашња температура прелази температуру у просторији, провјетравање простора у ноћним сатима значајно смањује ниво провјетравања и остварује уштеду енергије.

Уколико други извори онечишћења, осим људи и њихових активности, чине значајан фактор загађења ваздуха, онда постоје два општа приступа одређивању квалитета ваздуха у затвореном простору. Први је дефинисан постојањем довољно прецизних података о свим емисијама онечишћивача, при чему се квалитет ваздуха одређује на основу стопе емисије и максимално дозвољених концентрација загађивача. У овом случају се квалитет ваздуха обезбјеђује принудним мјерама провјетравања. У Табели 5. дате су максимално дозвољене концентрације неких, карактеристичних, онечишћавајућих супстанци. [12]

Табела 5. Максимално дозвољене концентрације неких онечишћавајућих супстанци

Материја	МДК / ppm
Угљен-диоксид /CO ₂ /	5.000
Угљен-моноксид /CO/	30
Сумпор-диоксид /SO ₂ /	2
Азот-диоксид /NO ₂ /	5
Формалдехид /HCHO/	0.5
Амонијак /NH ₃ /	50
Ацетон /CH ₃ CO CH ₃ /	500
Цијановодоник /HCN/	10
Етанол /CH ₃ CH ₂ OH/	1.000
Хлор /Cl ₂ /	0.5
Метанол /CH ₃ OH/	200
Никотин	0.07
Озон /O ₃ /	0.1
Жива /Hg/	0.01
Јод /I ₂ /	0.1

Процјена квалитета ваздуха се врши за сваки извор онечишћења посебно. Потребна количина ваздуха одговара највећој израчунатој вриједности. За дату стопу протока ваздуха, концентрација онечишћивача у простору је пропорционална интензитету извора онечишћења, док се рационализација побољшања квалитета ваздуха може извршити уз избјегавање или смањење онечишћења ваздуха у простору.

6. ПРЕПОРУКЕ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ВАЗДУШНОГ КОМФОРА ПРОСТОРА

Ваздушни комфор у унутрашњем простору један је од основа за планирање и пројектовање савремених архитектонских здања. 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 мјера енергетске, еколошке и економске оптимизације.

Услови удобности у унутрашњем простору са аспекта квалитета ваздуха постижу се кроз дефинисање образаца за унапређење ваздушног комфора. То подразумијева спровођење низа неопходних активности у процесу пројектовања зграда и дефинисање оптималних рјешења кроз слиједеће кораке:

- Анализа локације на којој се врши грађење, снимање стања и процјена постојећих зграда,
- Испитивање објективних и субјективних параметара ваздушног комфора зграде,
- Анализа, обрада и систематизација добијених резултата истражних и анкетних испитивања,
- Анализа климатских карактеристика подручја релевантних за оцјену квалитета ваздуха,
- Вредновање постојећих и процјена савремених концепата, конструктивних склопова, инсталационих система и грађевинских материјала,
- Провјера рационалности и оправданости концепта енергетски ефикасног и одрживог грађења,
- Дефинисање препорука за унапређење ваздушног комфора постојећих зграда и планирање, пројектовање и извођење нових.

У овом раду је акценат стављен на анализу објективних параметара ваздушног комфора зграде. 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.

С друге стране, енергетски штедљива градња има сталну потребу да се губици топлоте изазвани провјетравањем смање на најмању могућу мјеру. Измјене ваздуха се контролишу преко хигијенских критеријума и граница квалитета ваздуха у унутрашњем простору. Квалитет ваздуха се цијени у погледу на физиолошки пожељне вриједности састава ваздуха и осјећај удобности у простору.

Квалитет ваздуха у односу на састав ваздуха карактеришу довољно висок садржај кисеоника и најмањи могућ садржај CO_2 , као и других онечишћавајућих материја у ваздуху. Обезбјеђивање довољне количине атмосферског ваздуха путем природног провјетравања неопходно је ради елиминације штетног дејства мириса тијела и угљендиоксида /препоручено најмање $30 \text{ m}^3/\text{h}$ по особи/. Остали штетни гасови, релативно малих концентрација у ваздуху унутрашњег простора, идентификују се, а извори емисије одстрањују мануелним путем.

Онечишћење ваздуха настало од грађевинских материјала и опреме се може избјећи примјеном еколошких материјала. Кућна прашина и продукти сагоријевања се не могу у потпуности успјешно отклонити путем провјетравања, већ и уређајима и системима за мануелно уклањање. Правилном и адекватном изолацијом вањског омотача и природним провјетравањем простора се избјегава појава топлотних мостова и смањује влажност ваздуха, чиме се уклањају скоро сви услови за раст и развој биогених честица.

Такође, приликом архитектонског пројектовања потребно је водити рачуна о штетном утицају природног окружења на квалитет ваздуха и здравље људи.

Поред свега наведеног, уштеде енергије, између 20 и 50%, могу се постићи уз примјену мјера које се посебно односе на унапређење ваздушног комфора. У досадашњој стручној пракси показале су се изразито ефикасне:

- оптимизација броја особа у унутрашњем простору,
- знатно побољшана ваздушна непропусност вањског омотача,
- унапређење функционалних и енергетских перформанси природног провјетравања отворима,
- природно провјетравање савременим облицима /ноћно провјетравање са хлађењем термалне масе, концепт унутрашњег дворишта, узгонски вертикални канали или системи двослојне фасадне равни/,
- контролисана и децентрализована вентилација са филтрацијом ваздуха и високим коефицијентом поврата топлотне енергије,
- аутоматска регулација отварања вањских отвора интегрисана са централним системом електронског управљања /тзв. интелигентна зграда/,
- контрола концентрације CO₂ у ваздуху унутрашњег простора. [14]

7. БИБЛИОГРАФИЈА

- [1] M. Hegger, M. Fuchs, Th. Stark, M. Zeumer, *Energy Manual – Sustainable Architecture*. Munich: Edition Detail, Birkhauser, 2007.
- [2] В. Вилемс, К. Шилд, С. Динтер, *Vieweg грађевинска физика: приручник, I део*. Београд: Грађевинска књига, 2008.
- [3] „АЕ 310 Fundamentals of Heating, Ventilating, and Air-Conditioning“. Brussels, 2005.
- [4] R. Banham, *The Architecture of the well-tempered environment*. Chicago: University Of Chicago Press, 1984.
- [5] С. Б. Чворо, „Природно провјетравање двослојним фасадама и енергетски ефикасна и одржива градња“, Зборник радова: Пети међународни научно стручни симпозијум Инсталације & Архитектура, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2014, стр. 122–128.
- [6] К. Данијелс, *Технологија еколошког грађења*. Београд: Јасен, 2009.
- [7] Б. Тодоровић, *Климатизација*. Београд: Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, 1998.
- [8] Х. Рекнагел, Е. Шпренгер, Е. Р. Шрамек, С. Чеперковић, *Грејање и климатизација*. Врњачка Бања: Интерклима, 2011.
- [9] L. Fang, G. Clausen, P. O. Fanger, „Temperature and humidity: important factors for perception of air quality and for ventilation requirements“, *ASHRAE Transactions*, 2000.
- [10] В. Косорић, *Еколошка кућа*. Београд: Грађевинска књига, 2008.
- [11] А. Радивојевић, „Предавања: Грађевинска физика“, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2007.
- [12] „Criteria for the Indoor Environment including thermal, indoor air quality, light and noise“, Brussels: European Standard EN 15251, 2005.
- [13] „Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems, European Standard EN 13779“, Brussels: European Committee for Standardization, 2005.

- [14] С. Б. Чворо, „Истраживање образаца за унапређење ваздушног комфора простора у циљу енергетске ефикасности зграда“, Докторска дисертација, Бања Лука: Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањој Луци, 2014.