УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

мр Будимир С. Судимац дипл.инж.арх.

ТЕРМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ОБЛИКОВНИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА У БЕОГРАДСКИМ КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

БЕОГРАД, 2016.година

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Budimir S. Sudimac

THERMAL EXTRAS AND FORMING POTENTIAL VEGETACION WALLS IN BELGRADE CLIMATIC CONDITIONS

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016.

ментор:

проф.др Александра Крстић – Фурунџић,

Универзитет у Београду - Архитектонски факултет

чланови комисије:

проф.др Александра Крстић – Фурунџић, Архитектонски факултет, Београд,

проф. др Владан Ђокић, Архитектонски факултет, Београд,

доц.др Александар Рајчић, Архитектонски факултет, Београд,

доц.др Александар Анђелковић, департман за енергетику и процесну технику, Факултета Техничких наука, Универзитета у Новом Саду

Датум одбране докторске дисертације:

ТЕРМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ОБЛИКОВНИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА У БЕОГРАДСКИМ КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА

Апстракт:

Примена вегетационих зидова није нови концепт у реализацији фасадних омотача. Интеграција вегетације у архитектонске објекте може бити одржив приступ за реализацију фасада нових и постојећих објеката. Вегетациони зидови су један од иновативнијих и развијаних концепата зелене технологије градње. Ова чињеница се заснива оригиналним изведеним објектима са вегетционим зидовима који доприносе побољшању укупних обликовних карактеристика зграда и постају значајан фактор у процесу побољшања термичких карактеристика објеката. Овим радом су истражени потенцијали нових технологија у реализацији вегетционих зидова у архитектонским објектима, њихове термичке карактеристике и обликовни потенцијали на омотачу зграда у климатским условима Београда. Истраживање је показало да се применом предложених принципа пројектовања вегетационих зидова може доћи до успешних пројектанских решења примене на омотачима зграда у климатским условима Београда. У тези је дат преглед техничких унапређења који се могу применити у процесу пројектовања како би се смањили термички утицаји на објекте. Радом је потврђена могућност термичког унапређења објекта применом вегетационог зида као омотача објекта.

Кључне речи: Вегетациони зид, технологија, обликовање, енергетске перформансе, детаљ

Докторат техничких наука, област: Архитектура и урбанизам
Ужа научна област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда
УДК број: 635.9:692.232:699.86(497.11)(043.3)

THERMAL EXTRAS AND FORMING POTENTIAL VEGETACION WALLS IN BELGRADE CLIMATIC CONDITIONS

Abstract:

Application of vegetation walls is not a new concept in the realization of facade layer. The integration of vegetation in architectural objects can be a viable approach for the implementation of the facade of new and existing facilities. The vegetation walls are one of the more innovative and developed concepts of green building technology. This fact is based on the original scale buildings with vegetation walls that contribute in improving the overall design performance of buildings and become a significant factor in the process of improving the thermal characteristics of the buildings. This paper explored the potential of new technologies in the realization of vegetation walls in architectural buildings, their thermal characteristics and design potential of the building envelope in the climatic conditions of Belgrade. Research has shown that the application of the proposed design principles vegetation walls may be successful project solutions applied to the building envelope in the climatic conditions of Belgrade. The thesis provides an overview of technical innovations that can be applied in the design process to minimize thermal effects on objects. The study confirmed the possibility of improving the thermal facility by using vegetation wall as the building envelope.

Key words: Vegetation wall, technology, design, energy performance, detail

Scientific field: Architecture and Urbanism
Specific Scientific field: Architectural structures, materials and physics of building

UDK number**:** 635.9:692.232:699.86(497.11)(043.3)

САДРЖАЈ :

Апстракт са кључним речима (на српском језику)
Апстракт са кључним речима (на енглеском језику)
Садржај
Симболи, скраћенице, ознаке
Списак и извори слика, табела и дијаграма

1 УВОД ... 1
1.1 Предмет и проблеми истраживања ... 1
1.2 Претходна анализа информација о предмету истраживања ... 5
1.3 Циљеви и задаци истраживања ... 8
1.3.1 Циљеви истраживања ... 8
1.3.2 Задаци истраживања ... 10
1.4 Полазне поставке и радне хипотезе ... 11
1.5 Научне методе истраживања ... 13
1.6 Научна оправданост и очекивани резултати ... 14
1.7 Преглед садржаја дисертације ... 16

2 КЛАСИФИКАЦИЈА, РАЗВОЈ И КАРАКТЕРИСТИКЕ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА. 19
2.1 Вегетациони зидови – дефиниција, задатак, тема ... 19
2.2 Историјски преглед развоја вегетационих зидова ... 28
2.3 Архитектура и технологија у реализацији вегетационих зидова ... 35
2.4 Интеграција вегетационих зидова у омотач објекта ... 38
2.5 Класификација склопова вегетационих зидова ... 55
2.5.1 Садња и гајење биљака у земљаном субстрату ... 55
2.5.2 Хидропонски систем гајења ... 58
2.5.3 Садња и узгајање биљака у земљаном субстрату ... 62

2.6 Карактеристике вертикалних система озелењавања ... 78
2.6.1 Предности примене вегетационих зидова ... 79
2.6.2 Недостаци примене вегетационих зидова ... 88
2.7 Одржавање система вегетационих зидова ... 88
2.8 Архитектонска трансформација урбаних простора ... 95
2.8.1 Визуелни идентитет објекта ... 98

3 БИОЕЛЕМЕНТИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА ... 103
3.1 Биљни расад ... 103
3.2 Животни век вегетационих зидова ... 110

4 ПРОЈЕКТАНТСКИ ЗАХТЕВИ ЗА ВЕГЕТАЦИОНЕ ЗИДОВЕ ... 112
4.1 Просторно организациони аспект ... 112
4.2 Обликовни аспект ... 113
4.3 Функционални аспект ... 115
4.4 Технолошки аспект ... 116
4.5 Економски аспект ... 117
4.6 Енергетски аспект ... 119

5 КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕОГРАДА ЗНАЧАЈНЕ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈУ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА ... 121
5.1 Анализа климатских карактеристика београда ... 121
5.1.1 Сунчево зрачење ... 122
5.1.2 Ваздушни притисак, влажност ваздуха ... 122
5.1.3 Струјање ваздуха ... 123
5.1.4 Температура ваздуха ... 123
5.1.5 Количина падавина ... 125
5.2 Анализа појаве топлотних острва у урбаној средини ... 126
5.3 Климатске промене и њен утицај на промену климе у Београду ... 127

6 МОДЕЛИ СКЛОПОВА ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА ОМОТАЧА ОБЈЕКАТА У БЕОГРАДУ ... 128
6.1 Дефинисање модела ... 129
6.1.1 Хипотетички модел ... 129
6.1.2 Практични модели ... 136

6.2 Упоредне карактеристике изабраних практичних модела 147
6.3 Конструктивне карактеристике практичног модела 150
6.3.1 Тежина потконструкције 152
6.3.2 Прорачун везе - анекровања на нивоу међуспратне конструкције 153
6.3.3 Анализа оптерећења – ветар 154
6.3.4 Веза за АБ конструкцију на нивоу међуспратне конструкције 156
6.3.5 Поређење са тежинама накнадно постављених других фасадних облога ... 158

7 КРИТЕРИЈУМИ ЗА ЕВАЛУАЦИЈУ ТЕРМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МОДЕЛА 160
7.1 Евалуација термичких карактеристика практичних модела 161
7.1.1 Евалуација хипотетичког модела 164
7.1.2 Евалуација практичних модела 185
7.2 Упоредна анализа резултата евалуације модела 207
7.3 Обликовни потенцијали модела 208
7.4 Закључак и препоруке за примену вегетационих зидова у реализацији објеката у Београду 214

8 ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА 216
8.1 Теоријски резултати 216
8.2 Практични резултати 217

9 ЗАКЉУЧАК 220
9.1 Закључна разматрања 220
9.2 Препоруке за пројектовање вегетационих зидова у климатским условима Београда 231
9.3 Правци даљих истраживања 235

ЛИТЕРАТУРА 237
ПРИЛОЗИ 244
БИОГРАФИЈА АУТОРА

Изјава о ауторству
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада
Изјава о коришћењу

Списак и извори слика, табела и дијаграма

CLF	коефицијент топлотног оптерећења
N	укупна инсталисана снага светиљки [w]
M	коректура за друге месеце
K	коректура за друге боје зида
CLTD	коригована таблична вредност
CLTDtab	таблична вредност
LAI	leaf area index (0.2=врло ретко, 0.8=средње, 3.5=врло густо) м2/м2
A	површина зида [m2]
T	повратни период ветра
Cw	коефицијент силе
Gz	динамички коефицијент
qm	основни притисак ветра
kT	фактор повратног периода
Vm	основна брзина ветра
ρ	густина ваздуха
d	дебљина елемента
h	висина елемента
a	ширина елемента
g	равномерно подељено оптерећење од фасадне облоге са зеленилом
P	површина елемента (вертикална пројекција површине елемента),
N	измерена тежина елемента са зеленом фасадом
Vg	смичућа сила
Zw	сила чупања - затезања
K	коефицијент пролаза топлоте за зид [w/m2k]
ts	тренутна спољна температура [°c]
tu	унутрашња пројектна температура просторије [°c]
q_irad	зрачење од сунца [w/m2]
q_k	конвекција (спољашњи ваздух/биљка) [w/m2]
q_zs	зрачење (спољашни ваздух/биљка) [w/m2]
q_zn	зрачење (небо/биљка) [w/m2]

q_zz	зрачење (земља/биљка) [w/m2]
q_et	топлотни проток од евапотранспиранције
α_b	соларни апсорпциони коеф.биљке
RadSol	соларно зрачење [w/m2]
h	коеф.прелаза топлоте [w/m2k] од 8-12
Te	спољашња температура
Tr	температура биљке
σ_n	stefan-bolcmanova константа
ε_b	емисивност биљки (0.9-0.98)
Tsr	средња температура ваздуха
Tz	температура зида
Tb	температура биљке
f_ozb	фактор озрачења биљке
σ_n	stefan-bolcmanova константа
ε_n	емисивност неба
Tsrn	средња температура неба
Tn	температура неба
Tb	температура биљке
f_pn	фактор погледа неба
σ_n	stefan-bolcmanova константа
ε_ze	емисивност земље
Tsrz	средња температура земље
Tz	температура земље
Tb	температура биљке
f_pz	фактор погледа земље
U	коефицијент проласка топлоте кроз фасадни зид
f1	коефицијент једновремености
f2	коефицијент остатка
n	број људи
qs,qn	осетно и латентно одавање топлоте једног човека [w /c]
tsm	средња дневна температура [°c]
tu	унутрашња пројектна температура

Списак и порекло слика, табела и графикона

(извори су дати у заградама; арапски број у загради означава референцу дату у литератури, * - слика, цртеж аутора)

Списак слика:

Слика 1. Вегетациони зид – Београд, ул. Браничевска 32 [*] _____ *20*

Слика 2. Вегетациони зид као подлога за стварање уметничке креације, дечији вртић – Љубљана, Словенија [*] _____ *21*

Слика 3. Динамичност форме вегетационог зида [18] _____ *22*

Слика 4. Вегетациони зид као елемент архитектонског изражавања [*] _____ *23*

Слика 5. Дизајн вегетационог зида Westfield, Лондон [*] _____ *24*

Слика 6. Вегетациони зид – начин да се природни елементи имплементирају у архитектуру [*] _____ *25*

Слика 7. Вегетациони зид као приказ мултивалентности у архитектури [46] _____ *27*

Слика 8. Вавилонски вртови [108] _____ *28*

Слика 9. Савремени приступ употребе вегетационих зидова [*] _____ *29*

Слика 10. Колоричност вегетационих зидова, Београд, а)новембар 2015.год . б)мај 2016. _____ *30*

Слика 11. Вегетациони зид – експриментални приказ, озелењавање урађено зачинским биљем [*] _____ *31*

Слика 12. Патрик Бланк - Вегетациони зид, хотел у Бечу [*] _____ *32*

Слика 13. Патрик Бланк, вегетациони зид, Athenaeum Hotel, Piccadilly street, London а)угаони поглед, б) вегетационо богаство [*] _____ *33*

Слика 14. *Вегетациони зид на тргу испред пословне зграде "Београд", Београд* [*] _____ *34*

Слика 15. Вегетацони зид на пијацети испред Првног факултета у Београду и у ул. В. Степа а) поглед из ул. Булевар краља Александра, б) детаљ [*] _____ *34*

Слика 16. *Вегетациони зид, Antropology store, Лондон, зид направљен уз помоћ кутија, а) поглед са степеништа, б) детаљ* [*] _____ *35*

Слика 17. Вегетациони зид, Мадрид, Шпанија модерна верзија традиционалног облика озелењавања а) колоричност вегетационог зида, б) просторни приказ _____ *36*

Слика 18. Вегетциони зид, Будимпешта, ентеријер пословног објекта [*] _____ *37*

Слика 19. Хотел Hilton Лондон [*] _____ *39*

Слика 20. Вегетацони зид, Westelm, Лондон [*] _____ *41*

Слика 21. Edgware road station tube - Лондон [*] _____ *42*

Слика 22. Вегетациони зид - Учесталост промене [65] _____ *44*

Слика 23. Биљни засад у композицији ствара одређени ликовни однос [46]_____ *45*
Слика 24. Однос боје, текстуре и различитости вегетације [31] _____ *46*
Слика 25. Композиција вегетационог зида, однос и уравнотеженошћ елемената [7]_____ *47*
Слика 26. Динамичност форме вегетационог зида [7]_____ *48*
Слика 27. Специфичност боје, облика и рељефа вегетационог зида [110]_____ *49*
Слика 28. Вегетациони зид омогућава структуралност фасадног омотача [110]_____ *50*
Слика 29. Вегетациони зид као предмет посматрања и дивљења [110] _____ *51*
Слика 30. Вегетациони зид , Weselm , Лондон, пример доброг избора садног материјала [*]*52*
Слика 31. Хармоничност композиције вегетационог зида [110]_____ *54*
Слика 32. Шематски приказ класификације вегетационих зидова према начину корењења биљака а)садња биљака у земљаном субстрату, б) хидропонски систем гајења [97]_____ *55*
Слика 33. Хидропонски систем гајења биљака а) детаљ система, б)детаљ вегетације [111] _____ *59*
Слика 34. Приказ начина формирања вегетационог зида а) вегетациони зис настао уз помоћ самопењућих биљака, б) вегетациони зид настао уз помоћ физичке подршке за формирање биљне структуре [110] _____ *62*
Слика 35. Приказ основних система зелених зидова а) директан систем озелењавања, б) индиректан систем озелењавања _____ *64*
Слика 36. Колорит вегетационог зида у Београду а)јесен, б)пролеће [*]_____ *64*
Слика 37. Индиректан систем а) дводимензионална структура, б) тродимензионална структура [97]_____ *65*
Слика 38. Директан систем озелењавања а) вегетациони зид – директан систем озелењавања – лети, Београд, б) вегетациони зид – директан систем озелењавања – зими, Београд [*] _____ *66*
Слика 39. Објекат у Београду а)пре инвестиционог одржавања, б) после инвестиционог одржавања [*]_____ *67*
Слика 40. Пример индиректног дводимензионалног система озелењавања и стварање вегетационог зида а) детаљ подконструкције б)изглед подконструкције [*] _____ *67*
Слика 41. Биљни расад укорењен у модуларне системе а) директан систем, б) посредан систем са додатом конструкцијом, в) посредан систем, модуларан систем [*]_____ *69*
Слика 42. Модуларни систем вегетационих зидова а) са перфорираном кутијом, б) кутијасти систем са платненом подлогом [*]_____ *69*
Слика 43. Модуларни систем вегетационих зидова а) Систем са појединачним садним елементом, б) Кутијасти систем са обједињеним садним елементима [*] _____ *70*
Слика 44. Пример вегетационог зида применом модуларног система са перфорираном кутијом а) детаљ, б) детаљ [*]_____ *71*

Слика 45. Приказ обезбеђења садног простора у модуларном систему са платненом подлогом а) засецањем, б) додавањем џепова [97] *72*
Слика 46. Вегетациони систем са платненом подлогом а) детаљ засецања, б) детаљ додавања џепа [*] *72*
Слика 47. Приказ система са појединачним садним елементима а) детаљ мреже [97], б) детаљ појединачног елемента [110] *73*
Слика 48. Приказ кутијастог система са обједињеним садним елементима а) приказ система [110], *б) детаљ* [*] *74*
Слика 49. Инсталација вегетационог зида [110] *80*
Слика 50. Инсталација вегетационог зида [110] *81*
Слика 51. Инсталација вегетационог зида [110] *82*
Слика 52. Вегетациони зид као елемент за обликовање простора [110] *83*
Слика 53. Обликовна препознатљивост вегетационог зида [110] *85*
Слика 54. Термовизијски снимак вегетационог зида а) модуларни систем – детаљ, б) модуларни систем [*] *86*
Слика 55. Приказ вегетационог зида услед слабог одржавања, а) детаљ, б) детаљ [*] *88*
Слика 56. Одржавање вегетационог зида Wesfield, Лондон [*] *89*
Слика 57. Уклањање осушених делова биљака [*] *90*
Слика 58. Пример пропадања биљног засада услед претерена количине воде а) детаљ, б) детаљ [*] *91*
Слика 59. Пример одумирањаа биљака услед недовољног заливања а) детаљ, б) детаљ [*] *92*
Слика 60. Систем аутоматског одржавања влажности земљишта у вегетационом зиду а) детаљ, б) детаљ [*] *93*
Слика 61. Систем за аутоматску контролу влажности земљишта а) детаљ, б) детаљ [*] *94*
Слика 62. Утицај количине биљног рада на обликовање вегетационог зида а) приказ вегетационог зида, б) детаљ [*] *96*
Слика 63. Вегетациони зид као елемент препознатљивости [110] *97*
Слика 64. Визуелни идентитет вегетационог зида [110] *98*
Слика 65. Вегетациони зид као елемент креирање идентитета места [110] *99*
Слика 66. Приказ урбане пољопривреде [110] *100*
Слика 67. Урбана пољопривреда [110] *101*
Слика 68. Пример урбане пољопривреде - ауторов експеримент вегетационог зида а) краставци б) парадајз [*] *102*
Слика 69. *Лажна лозица а) јесен б) пролеће* [*] *107*
Слика 70. Вегетациони зид у Риму а)бујност биљака, б)детаљ [*] *108*

Слика 71. Бршљан а) детаљ, б) детаљ [*] 110
Слика 72. Приказ вегетационог зида у Риму а)просторна неуобичност, б) детаљ [*] 111
Слика 73. Доминација визуелног захтева код вегетационог зида [*] 112
Слика 74. Вегетациони зид као архитектонски елемент [*] 114
Слика 75. Приказ различитости вегетационог зида 115
Слика 76. Вегетациони зид као елемент дизајна урбаног простора [*] 116
Слика 77. Приказ видне температурне разлике делова објекта обраслог вегетацијом [*]120
Слика 78. Температура у Београду у 2015. Год. а) средња месечна температура, б) апсолутно минимална температура ваздуха [118] 124
Слика 79. Приказ количина падавина у Београду [118] 125
Слика 80. Вегетациони зид као елемент засене фасадног омотача [*] 130
Слика 81. Варешка улица у Београду а) положај улице у односу на референтне улице у Београду, б) положај референтног објекта у односу на ул. Варешку и околне објекте [118] 131
Слика 82. Робна кућа у Варешкој улици у Београду [*] 132
Слика 83. Робна кућа у Варешкој улици, западна фасада [*] 133
Слика 84. Западна фасада објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*] 134
Слика 85. Подужни пресек објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*] 134
Слика 86. Источна фасад објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*] 134
Слика 87. Северна фасада објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*] 135
Слика 88. Јужна фасада објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*] 135
Слика 89. Основа првог спрата објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*] 135
Слика 90. Приказ формиране конструкције практичног вегетационог зида применом изабраних модуларних модела М1, М2, М3 [*] 138
Слика 91. Приказ макете модела М1 а) изглед макете, б) аксонометрија, в) поглед одоз. [*] 139
Слика 92. Приказ процеса формирања модела а) бушење рупа б) обележавање, в) изглед перфориране чеоне плоче М1[*]. 140
Слика 93. Димензије модела М1. [*] 140 141
Слика 94. Приказ формираног модела М1 а) модуларни панел формиран уз помоћ једне биљне врсте, б) модуларни панел формиран уз помоћ различитих биљних врста [*] 141
Слика 95. Приказ озелењеног модела М2, а) практични модел у раној фази озелењавања, б) приказ формираног "џепа" за садњу биљака [*] 142
Слика 96. Приказ процеса формирања модела М2. а) израда основне кутије, б) постављање термоизолације, в) постављање платна [*] 142
Слика 97. Димензије модела М2. [*] 143 144

Слика 98. Приказ формираног модела М2 а) склоп, б) детаљ постављања система за аутоматско заливање. [*] 144
Слика 99. Приказ озелењеног модела М2, а) детаљ, б) детаљ [*] 145
Слика 100. Приказ процеса формирања модела М2. а) израда основне кутије, б) детаљ везе, в)спајање [*] 145
Слика 101. Димензије модела М3. [*] 146
146
Слика 102. Приказ формираног модела М3 а) постављање на подконструкцију, б) озелењавање [*]. 146
Слика 103. Модуларна величина изабраних модела М1, М2, М3 а) М1, б) М2 [*] 147
Слика 104. Приказ универзалног начина качења модула М1, М2, М3 а) постављање елемента за качење панела б)панел постављен на подконструкцију [*] 148
Слика 105. Елементи вегетационог зида а)постављање на потконструкцију, б) мерење тежине модула М1 [*] 151
Слика 106. Потконструкција експерименталног модела а) детаљ, б) детаљ [*] 153
Слика 107. Скица ослањања потконструкције са оптерећењем од гравитационог отперећења и утицајима ветра [*] 155
Слика 108. Анкеровање експерименталног модула а) детаљ, б) детаљ [*] 157
Слика 109. Анкер веза експерименталног модела [*] 157
Слика 110. Приказ озелењавања практичних модела М1, М2, М3, а) Приказ модела М1, б) Приказ модела М2 [*] 163
Слика 111. Приказ положаја сенка на објекту 12.07. у 7:00 сати [*] 168
Слика 112. Приказ положаја сенке на објекту 12.07 у 14.00 сати [*] 168
Слика 113. Приказ положаја сенке на објекту 12.08. у 07:00 [*] 168
Слика 114. Приказ положаја сенке на објекту 12.08. у 14:00 [*] 168
Слика 115. Прорачун коефицијента пролаза топлоте и параметара дифузије [*] 169
Слика 116. Приказ рада у програму за симулацију и енергетску анализу објекта [*] 180
Слика 117. Приказ рада у програму за симулацију и енергетску анализу објекта [*] 180
Слика 118. Графички приказ резултата симулације објекта робне куће – постојеће стање [*] 181
Слика 119. Графички приказ резултата симулације објекта робне куће – унапређеное стање [*] 182
Слика 120. Приказ постављања вегетационог зида у Београду, а) модуларни елементи М1, М2, М3., б) постављање основне носеће конструкције експерименталног модела 185
Слика 121. Експериментални вегетациони зид. а) Основна конструкција, б)Модуларни елементи М1, М2, М3. [*] 186

Слика 122. Приказ термичке симулације модела М1, рађен у програму Autodesk Simulation CFD 2015[*] _____ *186*
Слика 123. *Приказ термичке симулације модела М2, рађен у програму Autodesk Simulation CFD 2015* [*] _____ *187*
Слика 124. Експериментални вегетациони зид [*]_____ *187*
Слика 125. Мерење контактне температуре на површини модула М2 апаратом за безконтактно мерење температуре Professional High temperature infrared termometer[*]__ *190*
*Слика 126. Фасадни склоп на који је имплементиран вегетациони зид*_____ *198*
Слика 127. Мерење температуре а)мерење температуре ваздуха б)контактни термометар за мерење температуре [*]_____ *199*
Слика 128. Приказ термовизијске анализе практичних модела у софтверском пакету FLIR ResearchIR Max + HSDR. [*] _____ *199*
Слика 129. Снимање вегетационог зида термовизијском камером а) снимање б) камера 200
Слика 130. Анализа термовизијског снимка _____ *200*
Слика 131. Анализа термовизијског снимка [*]_____ *201*
Слика 132. Приказ кодног записа апликације Urban Wall [*] _____ *210*
*Слика 133. Приказ кодног записа апликације Urban Wall*_____ *211*
Слика 134. Приказ екрана приликом одабира величине вегетационог зида [*] _____ *212*
Слика 135. Практичан модел М1 у виртуелном вегетационом зиду [*]_____ *212*
Слика 136. Дизајнирање вегетационог зида[*] _____ *213*
Слика 137. Дизајнирање вегетационог зида [*]_____ *213*
Слика 138. Експериментални модел вегетационог зида [*] _____ *214*
Слика 139. Ауторов експериментални вегетациони зид [*]_____ *218*
Слика 140. Обликовна вредност вегетационе структуре [*]_____ *232*
Слика 141. Вегетациона ликовност [*]_____ *233*
Слика 142. *Инвентивност у дизајнирању вегетационих зидова* [*]_____ *234*
Слика 143. Вегетациони зид као елемент ликовног изражавања _____ *234*
Слика 144. Вегетациони зид на сајму науке а) вегетациони зид као облик архитектонског изражавања, б) могућ вид будућих истраживања вегетационих зидова [*] _____ *236*
Слика 145. Рециклажни материјали у функцији реализације вегетационих зидова [*]___ *236*

Списак табела:

Табела 1. Визуелни приказ истраживања [*] *18*

Табела 2. Класификација вегетационих зидова према начину кореновења биљака [*] *55*

Табела 3. Класификација вегетационих зидова са садњом и гајењем биљака у земљаном супстрату [*] *63*

Табела 4. Предности и недостаци вегетационих зидова [*] *77*

Табела 5. Табеларни приказ дужине трајања заливања по месецима [*] *93*

Табела 6. Табеларни приказ листопадних пењачица са прегледом основних карактеристика[*] *107*

Табела 7. Табеларни приказ зимзелених пењачица са прегледом основних карактеристика[*] *109*

Табела 8. Табеларни приказ модуларних вегетационих елемената изабраних за анализу [*] *137*

Табела 9. Приказ основних карактеристика изабраних модела модуларног система вегетационог зида [*] *149*

Табела 10. Табеларни приказ измерених тежина модула М1, М2, М3[*] *150*

Табела 11. Упоредна анализа тежине различитих врста облога [*] *159*

Табела 12. Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 12:00 сати [*] *170*

Табела 13. Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 14:00 сати[*] *170*

Табела 14. Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 18:00 сати [*] *171*

Табела 15. Табеларни приказ прорачуном добијених топлотних добитака за месец јул – постојеће стање *171*

Табела 16. *Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 12:00 сати* [*] *172*

Табела 17. *Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 14:00 сати* [*] *172*

Табела 18. Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 18:00 сати [*] *172*

Табела 19. Табеларни приказ прорачуном добијених топлотних добитака за месец јул – постојеће стање [*] *173*

Табела 20. Табеларни упоредни приказ прорачунатих топлотних добитака за објекат робне куће за период јул – август. [*] *173*

Табела 21. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – оптимизовано стање, месец јул 12:00 сати [*] *176*
Табела 22. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – оптимизовано стање, месец јул 12:00 сати[*] *176*
Табела 23. Табеларни топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – оптимизовано стање, месец јул 18:00 сати [*] *176*
Табела 24. Табеларни приказ прорачуном добијених топлотних добитака за месец јул – унапређено стање [*] *177*
Табела 25. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – унапређено стање, месец август 12:00 сати [*] *177*
Табела 26. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – унапређеноо стање, месец август 18:00 сати *178*
Табела 27. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – оптимизовано стање, месец август 18:00 сати [*] *178*
Табела 28. Табеларни приказ прорачуном добијених топлотних добитака за месец август – унапређено стање *178*
Табела 29. Табеларни упоредни приказ прорачунатих топлотних добитака за објекат робне куће за период јул – август, унапређео стање. [*] *178*
Табела 30. Табеларни приказ упоредних вредности прорачунатих топлотних добитака за хипотетички модел у Београдским климатским условима [*] *183*
Табела 31. Табеларни преглед измерене температуре у Београду за месеце а) јул и б)август 2015.год. [*] *188*
Табела 32. Табеларни приказ измерене влажности ваздуха у Београду по данима у три временска интервала, а) месец јул, б) месец август [*] *191*
Табела 33. Табеларни приказ измерене средње вредности инсолације у Београду по месецима а) јул, б) август 2015. [*] *193*
Табела 34. Табеларни приказ имерених вредности интензитета ветра у Београду по месецима а) јул, б) август [*] *195*
Табела 35. Табеларни приказ измерених температурних вредности према задатим критеријумима [*] *202*
Табела 36. Табеларни преглед измерених температурних вредности према задатим критеријумима [*] *203*
Табела 37. Табеларни приказ измерених температурних вредности према задатим критеријумима *204*
Табела 38. Упоредни приказ измерених температура по моделима за задате критеријуме [*] *205*

Списак дијаграма:

Графикон 1. Графички приказ односа тежина незасађених и засађених модула модела [*]151
Графикон 2. Графички приказ односа тежина различитих врста облога [*]..... 159
Графикон 3. Графички приказ прорачунатих топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој уливи у Београду – постојеће стање, mesec jul 171
Графикон 4. Графички приказ прорачунатих топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој уливи у Београду – постојеће стање, mesec avgust [*]..... *173*
Графикон 5. Графички приказ упоредних вредности прорачунатих топлотних добитака за објекат робне куће у Варешкој улици у Београду за месец јул и август – постојеће стање [*]*174*
Графикон 6. Графички приказ прорачунатих топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој уливи у Београду – унапређено стање, mesec јул [*]..... *177*
Графикон 7. Графички приказ упоредних вредности прорачунатих топлотних добитака за објекат робне куће у Варешкој улици у Београду за месец јул и август – постојеће стање [*]*179*
Графикон 8. Графички приказ прорачунских топлотних добитака објекта, постојеће стање, унапређено стање [*]..... *184*
Графикон 9. Графички приказ односа постојећег стања, унапређења и процента унапређења [*]..... *184*
Графикон 10. Графички приказ упоредних вредности измерене температуре ваздуха у Београду у месецу јулу 2015. Год. [*]..... *189*
Графикон 11. Графички приказ упоредних вредности измерене температуре ваздуха у Београду у месецу августу 2015. Год. [*]..... *190*
Графикон 12. Графички приказ упоредних вредности мерења влажности ваздуха у Београду по данима у три временска интервала за месец јул 2015.год. [*]..... *192*
Графикон 13. Графички приказ упоредних вредности мерења влажности ваздуха у Београду по данима у три временска интервала за месец август 2015.год. [*]..... *192*
Графикон 14. Графички приказ измерене средње вредности инсолације у Београду за месец јул 2015. год. према подацима Хидрометеоролошког завода из Београда [*]..... *194*
Графикон 15. *Графички приказ измерене средње вредности инсолације у Београду за месец август 2015. год. Према подацима Хидрометеоролошког завода из Београда* [*]..... *194*
Графикон 16. Графички приказ измерене јачине ветра у Београду по данима за месе јул 2015. [*] *194*
Графикон 17. Графички приказ измерене јачине ветра у Београду по данима за месец август 2015. ..... *196*
Графикон 18. Графички приказ интензитета сунчевог зрачења у Београду за да 12.08.2015. год. према подацима Хидрометеоролошког завода из Београда [118]..... *196*

Графикон 19. Графички приказ температурних промена по сатима у Београду за дан 12.08.2015. према подацима Хидрометеоролошког завода из Београда [118] *197*
Графикон 20. Графички приказ упоредних вредности измерених температура за моделе [*] *206*
Графикон 21. Графички приказ процентуалног смањења контактне температуре фасадног зида са вегетацијом у односу на зид без вегетације [*] *206*

1 УВОД

Вегетациони зидови су део интегративног архитектонског пројектовања и могу допринети решавању обликовних архитектонских дилема, као и постизању идентитета објекта. Решавање проблема утрошка енергије потребне за остваривање одређених нивоа угодности у објекту и њено рационално коришћење, елемент је истраживања примене вегетационих зидова и њиховог енергетскиог потенцијала у омотачу објекта. Тежиште тезе је дато на област топлотних добитака у нашим климатским условима.

1.1 Предмет и проблеми истраживања

Коришћење елемената вегетационих зидова у архитектури отворило је нове пројектантске могућности и створило изазове за пројектанте са циљем повећања енергетске ефикасности објеката. Одабир фасадних система који имају генерисану вегетациону структуру, структурне карактеристике, архитектонски детаљи и обликовање вегетационих зидова су основ овог рада. У раду се анализирају архитектонски фасадни елеменати који доприносе смањењу екстремних природних утицаје на комфор боравка људи у нашим климатским условима уз представљање техничких, обликовних и пројектантских потенцијала вегетационих зидова. Анализирају се елементи заштите архитектонских објеката од прегревања, дају се основни принципи пројектовања, могућности и начини интегрисања вегетационих зидова у фасадну структуру. Вегетациони зидови се представљају као део процеса укупне енергетске оптимизације архитектонског објекта. Симулационе студије су спроведене ради процене ефеката вегетационих зидова на термичке перформансе објеката.

Појава зеленила на фасадама није нов концепт у реализацији фасадних омотача и може понудити јединствено обликовно решење. Интеграција вегетације може да буде одржив приступ за фасаде нових и постојећих објеката. Вегетациони зидови су један од иновативнијих и најбрже развијаних концепата зелених технологија. Ова чињеница се заснива на примерима оригиналних изведених објектима са вегетационим зидовима који доприносе побољшању укупних амбијенталних карактеристика и постају значајан фактор у савременом приступу пројектовању. Вертикално озелењени зидови истовремено доприносе и побољшању енергетских карактеристика објеката, биодиверзитета, обликовних вредности и у великој мери омогућавају смањење ваздушног загађења од фине прашине и угљендиоксида.

С обзиром да се кроз омотач зграде одвија интеракција[1] између спољашње средине и унутрашњег простора, он представља кључан елеменат у решавању зависности између остваривања услова комфора у објекту, спољашњег изгледа објекта и енергетског биланса објекта. Вегетационе фасаде се састоје од биљака које директно расту на зиду или расту на специјално дизајнираним потпорним структурама, модулима. Систем вегетационих зидова је релативно нова технологија недовољно истражена .

Веома важан аспект вертикалног озелењивања односи се на топлотни комфор. На пролаз топлоте, а тиме и изолационе карактеристике одређених фасадних елемената утиче брзина ветра који прелази преко површине омотача зграде. Студија спроведена за различите системе озелењавања показује потенцијал вертикалних зелених слојева за ублажавање утицаја дејства ветра. Вегетациони зидови омогућавају корисницима и пројектантима да створе амбијент веома сличан природном окружењу. Анализом[2] проблема реализације вегетационих

[1] *Интеракција* ж узајамно дејство, међусобни утицај. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.476.

[2] *Анализа*, од грчке речи што значи рашчлањавање, разлагање целине – метод научног истраживања путем растављања неког предмета или појма на његове најједноставније саставне делове. Основни методолошки проблем представља одређивање принципа по коме се врши

зидова у задатим условима формирају се критеријуми за њихово интегрисање. Формирани критеријуми омогућавају анализу и евалуацију различитих решења реализације вегетационих зидова. Развој нових технологија, које обједињују читав низ научних дисциплина, доводи до промене досадашњих концепата материјализације фасадних омотача објекта са аспекта топлотне заштите, акустике и обликовања. Оваквим приступом материјализације објеката у многоме се шири теоретски дискурс са новим темама о стилу, естетици објеката, орнаменту, реду, симетрији, симболици.

Истраживање је засновано на претходним анализама потреба урбаног човека за новим облицима модерног урбаног дизајна и остваривања могућности активног коришћења вегетационих потенцијала у дизајнирању архитектонских елемената. У истраживању се сагледавају адаптабилне могућности употребе вертикалних озелењених система у пројектовању на основу динамичне равнотеже између потреба корисника и технолошких захтева, као и развијање система и стратегија употребе зелених система. Истраживањем се просторно и програмски редефинише однос архитектуре и биоелемената кроз имплементацију нових технолошких решења, заједно са студијом флексибилности и прилагодљивости.

Пројектовање оваквих елемената и овакво конципирање употребе вегетационих зидова има за циљ унапређење и суперинтеграцију основних људских потреба за енергијом посматрајући их као метасистемску транзицију ка потпуно новим могућностима архитектуре, друштва и технологије. Урбана средина је важан фактор у креирању социјалних навика и понашања људи и њихову коегзистенцију. Вегетциони зидови подстичу социјалне интеракције између људи и предмет су интересовања пролазника. Од пасивног односа корисника према омотачу архитектонског објекта, вегетциони зид иницира интерактивни однос

рашчлањивање и одређивање основних јединица. По принципу рашчлањивања, јединицама и предмету одређује се врста а. (квантативна, квалитативна, каузална, кластер, егзистенцијална, регресиона, факторска). Српска Академија наука и уметности, Речник појмова ликовних уметности и архитектуре, Српска Академија наука и уметности – Завод за уџбенике, Београд 2014. Стр. 115.

корисник према омотачу. Предмет истраживања докторске дисертације је испитивање потенцијала нових технологија у реализацији вегетационих зидова архитектонских објеката, и анализом њихових термичких карактеристика у климатским условима Београда. Истраживање се бавило испитивањем обликовних потенцијала предложених решења са могућностима постављања упоредних механизама. Вегетациони зид као структура може да варира од модуларних система до природно створених структура. Приликом анализе вегетационих зидова разматрани су следећи аспекти: функционални, економски, обликовни, енергетски узимајући у обзир анализу животног века и технологију одржавања оваквих структура.

Истраживањем су испитивае могућности унапређења квалитета урбане средине у Београду у процесу редефинисања[3] фасадног омотача применом вегетационих зидова, и формиране су препоруке за пројектовање и одлучивање о избору система вегетационихх зидова. У раду је третиран однос технологије, архитектонске теорије и праксе у пројектовању и реализацији вегетационих зидова.

Основни проблеми са којима се сусреће ово истрживање су:

- Непостојећа истраживања на ову тему у домаћој литератури;
- Веома мало домаћих примера пројектовања и реализације вегетационих зидова;
- Економска условљеност у реализацији вегетационихх зидова;
- Недовољна истраженост односа утицаја вегетационих зидова на енергетске перформансе омотача зграда.

---

[3] *Редефинисати*, - иништем свр. Пооово на други начин дефинисати. Дефинисати, - ишем (дефинирати, - илирам) свр. и несвр. Да (ва) ти дефиницију некога појма, одредити, одређивати значење нечега. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.1151.

1.2 Претходна анализа информација о предмету истраживања

Истраживање вегетационих зидова и њихова примена је у пољу архитектуре и урбанизма. Рад у себи интегрише елементе истраживања који се додирују и са другим областима технике и технологије, уметности, културе и дефинише њихове међусобне утицаје и релације. Истражени су релевантни примарни и секундарни библиографски извори и констатовано је да се постојећа литература по предмету истраживања може сврстати на:

- *Истраживања која се баве феноменом појаве вегетационих зидова и њиховог утицаја на обликовање архитектонских објеката.*
- *Студије случаја и типолопшке студије вегетационих зидова и њихова примена у савременој архитектонској пракси.*
- *Истраживања унапређења термичких карактеристика омотача зграда.*
- *Истраживања у области интеграције вегетационих зидова у фасадне елементе архитектонских објеката.*
- *Студије на тему утисацаја технологије и конструкције на материјализацију вегетационих зидова.*
- *Истраживање климатских утицаја на могућности реализације и одржавања вегетационих зидова.*
- *Истраживања не тему реализације вегетационих зидова на зградама у Београду.*

Истраживања која се баве феноменом појаве вегетационихх зидова и њиховог утицаја на естетику архитектонских објеката.

Технологија израде, пројектовање и примена вегетационихх (зелених) зидова једна је од еко грађевинских технологија која се изузетно брзо развија, пре свега у земљама високе економске моћи. Примери који се анализирају су из светске праксе и везани су за градове са различитим локалним специфичностима. Постоји велики број страних студија и истраживања којима је обухваћена теметика вегетационих зидова. У њима се третирају технологије вегетационих зидова и примена вегетационих зидова са функционално – обликовног, естетског,

енергетског и економског аспекта. Ово истраживање је рађено као део сложеног процеса анализе развоја технологије и везе архитектонског објекта [4] и технологије.

Студије [5] случаја и типолошке студије вегетативних зидова и њихова примена у савременој архитектонској пракси.

Истраживања у области вегетативних зидова су новијег датума. Зелени зидови су до скора углавном примењивани у материјализацији равних кровова, док је њихова примена у материјализацији фасадних омотача за сада оскудна.

Истраживања унапређења термичких карактеристика омотача зграда.

Истраживања унапређења термичких карактеристика омотача зграда односе се на теоретске моделе, експерименталне студије, мере и технолошка решења унапређења. Прикупљени подаци су основни полазни елементи у процесу истраживања термичких карактеристика омотача и полазни основ за истраживања термичких карактеристика вегетативних зидова.

---

[4] *Објекат*. Објект (енг. Object) или предмет (пред – метнуто) изворно значи бачено у суссрет, тј ствар постаје објекат у сусрету са субјектом. Објект као уметничко дело је ствар или феномен који није по себи (по својој материјално просторној присутности) уметничко дело, него по томе што је артефакт који суочава свет уметника и свет публике (културе). Објекат је уметничко дело реализовано као тродимензионални предмет: (1) изведен из традиције скулптуре редукцијом и одбацивањем ликовних аспеката скулптуре (дадаистички, неодадаистички и флуксус објекти). Објекат у теоријском и естетичком смислу је ствар, ситуација, догађај, феномен, фикција или уметнички производ (од појединачног предмета, преко инсталације до перформанса) на који теорија усмерава пажњу, интерес, анализу и расправу. Постоје и хипотетички објекти, али на њих теорија увек указује као na језичку творевину, разликујући их од реалних појава. Објекти науке, уметности, културе и друштва су имагинарне фикције које субјект и друштво производе као своју реалност да би говорили о себи и свету. Шуваковић, М., Појмовник – теорије уметности, Орион Арт, Београд, 2011. Стр. 504.

[5] *Студија* ж. Лат. 1. Научни рад, расправа већег обима. 2. Скица, модел за веће сликарско или вајарско дело. 3. Мн. Време учења на Универзитету, на високој или вишој школи, студирање. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.1281.

Истраживања у области интеграције вегетационих[6] зидова у фасадне елементе архитектонских објеката.

Истраживања у области интеграције вегетативних зидова у омотач зграде обеката су новијег датума. Интеграција вегетативних зидова има своје одређене технолошке специфичности.

Студије на тему утицаја технологије и конструкције на материјализацију вегетационих зидова.

У области истраживања[7] утицаја технологије и конструкције на материјализацију вегетативних зидова веома важан је однос теоријских и експерименталних модела. Пред вегетативни зид су постављена нова естетска питања која су у директној корелацији са техничким решењима.

Истраживање климатских утицаја на могућности реализације и одржавања вегетационих зидова.

Анализа климатских утицаја на могућности реализације вегетативних зидова на објектима у Београду базира се на релевантним подацима о карактеристикама климе у Београду, који су сагледани кроз њену анализу.

Истраживања не тему реализације вегетационих зидова на зградама у Београду. У овој области истраживања нема директне литературе, због непостојања истраживања на ову тему, већ се користи литература која може индиректно користити.

---

[6] *Вегетативан*, - вна, -о лат. Биол. 1. Који се односи на растење, дисање, исхрану и др. Аутоматске животне гункције; који се збива несвесно, аутоматски: вегетативни органи, вегетативни животни систем, вегетативни поремећаји, вегетативне функције. 2. Који се врши бесполним путем, бесполни који служи таквом начину размножавања . Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.133.

[7] *Истраживање* , испитивање, анализа какве појаве : интензивне истраге у науци: Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.492.

1.3 Циљеви и задаци истраживања

1.3.1 Циљеви истраживања

Озелењавање и очување урбаног простора постало је важно питање у разматрању услова за пројектовање архитектонских објеката и редефинисање односа између технологије, енергије и обликовања. Вегетациони зидови су створили пројектантске изазове за примену ових склопова у циљу повећања енергетске ефикасности зграда.

Циљ истраживања је да се испитају методе и технике, којима се обезбеђује широка примена вегетационих зидова у архитектури постојећих и нових објеката у Београду, кроз испитивања и проналажења препорука за унапређењем обликовних и термичких карактеристика фасадних омотача објеката.

Истраживање има за циљ:

- Сагледавање могућности примене вегетативних зидова у Београду у циљу унапређење енергетског биланса омотача објеката;
- Успостављање продуктивног односа између обликовног израза објекта и технологије реализације вегетационих зидова;
- Квантификовање ефеката[8] индекса лисне површине и других биолошких параметара вегетационихх зидова на њихов топлотни допринос;
- Индентификовање климатских карактеристика урбане средине на реализацију вегетационихх зидова;
- Идентификацију [9] соларне рефлексије и соларне пропустљивости на вегетационим зидовима прекривеним различитим врстама зеленила;

[8] *Ефек (а) т*, - кта м лат. 1.а. дејство, учинак који неко или нешто изазове, учини, резултат неке радње, позитиван резултат, успех: експлозије, догађаја, силе, постићи, имати (немати) ефеката, проћи без ефеката. б. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.363.

- Истраживање животног циклуса вегетационог зида и утврђивање услова за његово дефинисање;
- Испитивање пројектантских метода у конкретним условима и њихово упоређивање;
- Истраживање узрока одсуства примене вегетационихх зидова у домаћој архитектонској[10] пракси;
- Анализу карактеристика и имплементацију вегетационих зидова у домаће архитектонске објекте;
- Сакупљање доказа, индетификовање и објашњење потребе научног приступа у домену вегетационих зидова за наше климатске услове;
- Анализу и формирање методологије процене обликовних потенцијала и енергетских карактеристика вегетационих зидова;
- Сагледавање проблема интеграције вегетационих зидова у омотач објекта, кроз дефинисање релевантних критеријума;
- Истраживање практичне примене вегетационих зидова за остваривање истражених бенефита;
- Истраживање вегетационихх зидова са различитих аспеката;
- Дефинисање препорука за пројектовање нових као и обнову

---

[9] *Идентитет* (енг. Identity) је циљ или ефект психолошког и друштвеног процеса којим се субјект поистовећује с другим стварним или идеалним субјектом, одређеним аспектима стварног или идеалног другог субјекта, стварном или идеалном друштвеном гупом, односно, одређеним критеријумима и представама критеријумима индивидуалне или друштвене препознатљивости. Процес поистовећивања је одређен са два аспекта: (а) изјавом о поистовећивању, и (б) извођењем поистовећивања. Идентитети могу бити различити: људски, родни, расни, класни, породични, племенски, етнички, национални, генерацијски, професионални, културни, економски. Шуваковић, М., Појмовник – теорије уметности, Орион Арт, Београд, 2011. Стр. 319.

[10] *Архитектура* ж грч. 1.а. вештина, уметност пројектовања и грађења (зграда и др. Архитектонских објеката), градитељство, грађевинарство, неимарство. Б. стил грађења: грчка 2. Наука о грађењу, градитељству. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.363.

1.3.2 Задаци истраживања

Посматрајући истраживање као део сложеног процеса анализе развоја технологије и везе архитектуре, технологије, енергије и обликовања, а на основу дефинисаних циљева као основни задаци истраживања могу се издвојити:

- Идентификација кључних препрека које спречавају широку примену вегетационих зидова у архитектури у нашим климатским оквирима;
- Систематизација различитих система вегетационих зидова;
- Идентификација и анализа параметара релевантних за истраживање примене вегетационихх зидова са обликовног и енергетског аспекта;
- Идентификација и дефинисање критеријума за пројектовање вегетационих зидова у склопу омотача објекта;
- Анализа[11] посебних технолошких и конструктивних проблема реализације вегетационих зидова;
- Стварање могућих ситуација[12] за остваривања одређених бенефита који се постижу применом вегетационих зидова;
- Вредновање термичких карактеристика одабраних модела вегетационих зидова за београдске климатске услове;
- Формирање препорука за пројектовање вегетационих зидова;
- Анализа могућности и ограничења реализације вегетационих зидова;
- Повезивање теоретских знања са практичном применом и реализацијом вегетационог зида у Београду.

---

[11] *Анализа* ж. Грч. А. Научни метод проучавања рашчлањивањем целине; супр. Синтеза. Б. хем. Скуп операција којима се испитује од чега се нека смеса или једињење састоји (квалитативна) или у којој сразмери садржи поједине састојке (квантативна). Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.32.

[12] *Ситуација,* статични однос (распоред) објеката или стварања у простору. Објекат је тродимензионална материјална ствар, ситуација односа објеката у простору, а догађај промена стања (положаја, изгледа, конституције, квалитета) објекта у простору и времену. Шуваковић, М., Појмовник – теорије уметности, Орион Арт, Београд, 2011. Стр. 651.

1.4 Полазне поставке и радне хипотезе

Ово истраживање полази од опште хипотезе[13] да у савременој архитектури постоје елементи који у себи садрже одређене карактеристике и квалитативне вредности и показатеље енергетских потенцијала одређених врста омотача зграда који се могу ефикасно и експлицитно утврди, а уједно се елементи могу довести и у модуларну координацију. Омотач зграде представља интерактиван елемент са директним утицајем на енергетски биланс објекта при чему примена вегетационихх зидова у материјализацији омотача зграде унапређује енергетски потенцијал омотача објекта.

На основу реченог могу се издвојити следеће посебне хипотезе:

- Примена биљних култура одрживих у домаћим климатским условима даје потенцијале за формирање разноврсних естетских решења вегетативних зидова у Београду који се могу интегрисати у урбану структуру;

- За реализацију вегетативних зидова постоје различита техничка решења која дају могућност разноврсне материјализације фасадног омотача и могу се дати препоруке за оптимизацију термичких перформанси вегетативних зидова у београдским климатским условима;

[13] *Хипотеза гледа унапред. Она је тврдња која се може ставити на испит, да би се установила њена ваљаност. Она може изгледати супротна уобичајном схватању, или у складу с њим. Може се доказати да је она тачна или нетачна. Ма какав исход био, хипотеза поставља питање на такав начин да се може добити одговор извесне врсте. У истраживачкој пракси употреба хипотезе представља један од методских поступака у најважнијих облика научног сазнања и поред присутности ставова да су хипотезе, чак и непотребне посебно у емпиријским истраживањима*. Михајловић Д., Методологија научних истраживања, Универзитет у Београду Факултет организационих наука, Београд 2004. Год. Стр. 93.

- Коришћењем рачунарских симулација и експерименталних модела може се постићи оптимално енергетска[14] анализа вегетативних зидова са аспекта термичких карактеристика и дати препоруке за оптималну технологију и конструкцију вегетативних зидова у климатским условима Београда;

Могуће је дефинисати систем евалуације вегетационог зида применљивог у процесу његовог пројектовања. Ово истраживање засновано је на експерименталном приступу који се користи за процену ефекта вегетације на топлотне перформансе вегетативних система озелењавања уз предвиђања да вегетација утиче на смањење прегревања у летњем периоду што као последицу има смањење потрошње енергије за хлађење. Интеграција[15] вегетације у редизајн постојећих архитектонских објеката, као и интеграција у новопројектоване објекте, може да генерише значајно смањење коришћења енергије и потрошњу ресурса , уз истовремено смањење ефекта урбаних топлотних острва и побољшање квалитета ваздуха. Евалуација потенцијалних бенефита вегетативних зидова може у урбаном окружењу да подстакне његово коришћење.

---

[14] *Развој цивилизације условио је и био условљен веома наглим развојем коришћења енергије нарочито у последња два века. Индустријска револуција је крајем 19, и у току 20. Века довела до наглог развоја технике и са њом и због ње, наглог пораста коришћења енергије. Велике уштеде енергије могу се постићи рационализацијом њеног коришћења. Степен коришћења конвенционалних природних ресурса као извора енергије улази у фазу када се мора размишљати о њиховом проширењу и разноврсности како би се адекватно одговорило на на све веће потребе човечанства за енергијом. Енергија и екологија представљају два велика узрочно последична проблема будућности човечанства. Кроз њих човечанство добија наду да ће избећи могућу катастрофу која му прети од начина производње и потрошње енергије на бази класичних извора енергије. Енергија (енглески – energy, немачки – Energie) је физичка величина којом се описује међудејство и стање честица неког тела као и његово међудејство са други честицама или телима, односно једина скаларна мера различитих облика кретања материје..* Топић, Р., Обновљиви и секундарни ресурси, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд 2013., стр. 10-11.

[15] *Интеграција* ж лат. Спајање , повезивање, у целину, сједињавање, уједињавање. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр. 475.

1.5 Научне методе истраживања

С обзирома на мултидисциплинарност и комплексност теме рада и имајући у виду предходно изложене циљеве и задатке истраживања у раду су предвиђене опште, основне, посебне и специфичне научне методе истраживања у областима које су предмет истраживања уз помоћ којих ће се континуирано проверавати научна заснованост постављених хипотеза.

Научне методе истраживања обухватају:

- Формирање информационе базе коришћењем методе прикупљања података и анализе претходних истраживања, примарних и секундарних извора;
- Критичка анализа и систематизација доступне литературе уз упоредну анализу проучаваних примера;
- Метода систематског посматрања на терену спонтано озелењених фасада као и експерименталних модела;
- Методом анкете прикупљање података и истраживање става према вегетационим зидовима обрада и анализа добијених резултата;
- In situ прикупљање релевантних података о потенцијалним објектима у Београду за примену вегетационих зидова;
- Анализа резултата мерења енергетских перформанси експерименталних модела, израда дијаграма и графикона;
- Нумеричка симулација уз помоћ одговарајућег софтвера у циљу добијања квантитативних показатеља енергетских перформанси одабраних модела вегетационих зидова и њихова компаративна анализа;
- Упоредна анализа резултата нумеричких симулација и резултата мерења експерименталних модела;
- Синтеза свих претходно прикупљених података и резултата спроведених анализа, као и успостављање корелације са полазним чињеницама у циљу формирања препорука за пројектовање.

1.6 Научна оправданост и очекивани резултати

Повод за ово истраживање пронађен је у чињеницама неопходности теоријског[16] и критичког приступа решавању проблема одрживости система и успостављање нових урбаних и архитектонсих модела за решавање енергетских, обликовних и технолошких проблема савремених објеката, укључујући проблеме загађења животне средине у циљу развијања система и стратегија будућег развоја. Истраживањем се тежи критичком сагледавању прилагодљивости вегетационих зидова климатским условима односно годишњим циклусима. Покушано је да се редефинише архитектонска типологија фасадних омотача кроз имплементацију нових технолошких решења и успостављања модуларне координације[17]. Актуелност теме је у директној вези са потребама људи за новим техничким решењима којима се доприноси очувању животне средине, смањењу загађења и чињеницом да се у свету у том циљу вегетациони зидови примењују. У домаћој литератури ова тема је недовољно истражена, примена вегетационих зидова у београдским климатским условима није истраживана што такође говори о актуелности ове теме. Ова докторска дисертација, у којој се вегетциони зидови истражују са термичког и обликовног аспеката, један је од првих научних радова на ову тему на Архитектонском факултету у Београду. Захваљујући овом истраживању биће омогућено преношење знања из ове области научној и стручној јавности.

---

[16] *Теоријски објекти су уметнички радови концептуални уметности, направљени с намером истраживања и приказивања теоријских аспеката природе и концепта уметности*. Шуваковић, М., Појмовник – теорије уметности, Орион Арт, Београд, 2011. Стр. 717.

[17] *Без пројектантског модула теже се налазе решења, теже се успоставља и фиксира мисао на цртежу. Помоћу модула увек знате где сте, јер се мисао не може изгубити, заборавити. Пројектански модул омогућава да се успостави јасноћа и рационалност архитектонског плана и композиције, чиме се постиже и олакшава примена типизације грађевинских елемената која у великој мери води ка економичној изградњи.* Ракочевић, М., 24 часа архитектуре – увод у архитектонско пројектовање, А.Р.К.А. Академиа нова, Београд, 2001. Год . стр. 132.

Научни допринос и очекивани резултати су следећи:

- Идентификација потенцијала за примену вегетационих зидова у архитектонском пројектовању са циљем остваривања и побољшања енергетских перформански фасадних омотача;

- Дефинисање принципа и препорука за пројектовање вегетационих зидова са техничког, обликовног и енергетског аспекта;

- Систематизација знања и успостављање типологије вегетативних зидова са препорукама за примену у београдским климатским условима;

- Успостављање система евалуације решења вегетационих зидова у процесу њиховог пројектовања;

- Идентификација и објашњење основних чинилаца који дефинишу релевантне параметре за пројектовање вегетационихх зидова.

Добијени резултати истраживања могу бити применљиви за стручну и ширу јавност. Могућ је потстицај примене вегетативних зидова у нашим климатским условима, као и развој индустријског сектора у овој области.

Практична примена истраживања огледа се у могућностима примене предложених принципа, препорука и техничких решења вегетационих зидова у пројектовању нових објеката и при реконструкцији постојећег грађевинског фонда у Београду. Ово истраживање даје основ за даља истраживања и едукацију кадрова у овој области.

1.7 Преглед садржаја дисертације

Рад се састоји од девет поглавља: *Увод, Класификација, развој и карактеристике вегетационих зидова, Биоелементи вегетационих зидова, Пројектантски захтеви за вегетационе зидове, Климатске карактеристике Београда значајне за реализацију вегетационих зидова, Модели склопова вегетационих зидова омотача објеката у Београду, Критеријуми за евалуацију термичких карактеристика модела, Дискусија резултата и Закључак (Табела 1).*

У ***Уводу*** се образлаже тема, предмет и проблем истраживања, даје увид у стање досадашњих истраживања, разматрају циљеви и задаци истраживања, хипотезе, научни методи истраживања, врши процена научне оправданости и резултата истраживања и даје преглед структуре докторске дисертације.

Друго поглавље – ***Класификација, развој и карактеристике вегетационих зидова*** - даје преглед дефиниција, задатака и основне теме реализације вегетационих зидова у савременој архитектури, историјски преглед развоја вегетационих зидова и однос архитектуре и технологије у реализацији оваквих склопова. У овом поглављу се даје преглед могућих начина интеграција вегетационих зидова у омотач зграде, даје се класификација склопова вегетационих зидова, њихове карактеристике, предности и недостаци, начин одржавања и сагледавају утицаји на архитектонску трансформацију урбаних простора применом вегетационих зидова као завршног елемента фасадног омотача.

У трећем поглављу – ***Биоелементи вегетационих зидова*** - разматра се одабир биљних врста и анализира се животни век вегетационих зидова за случај њихове реализације у београдским климатским условима.

Четврто поглавље – ***Пројектантски захтеви за вегетационе зидове*** - даје преглед анализе различитих аспеката реализације вегетационих зидова.

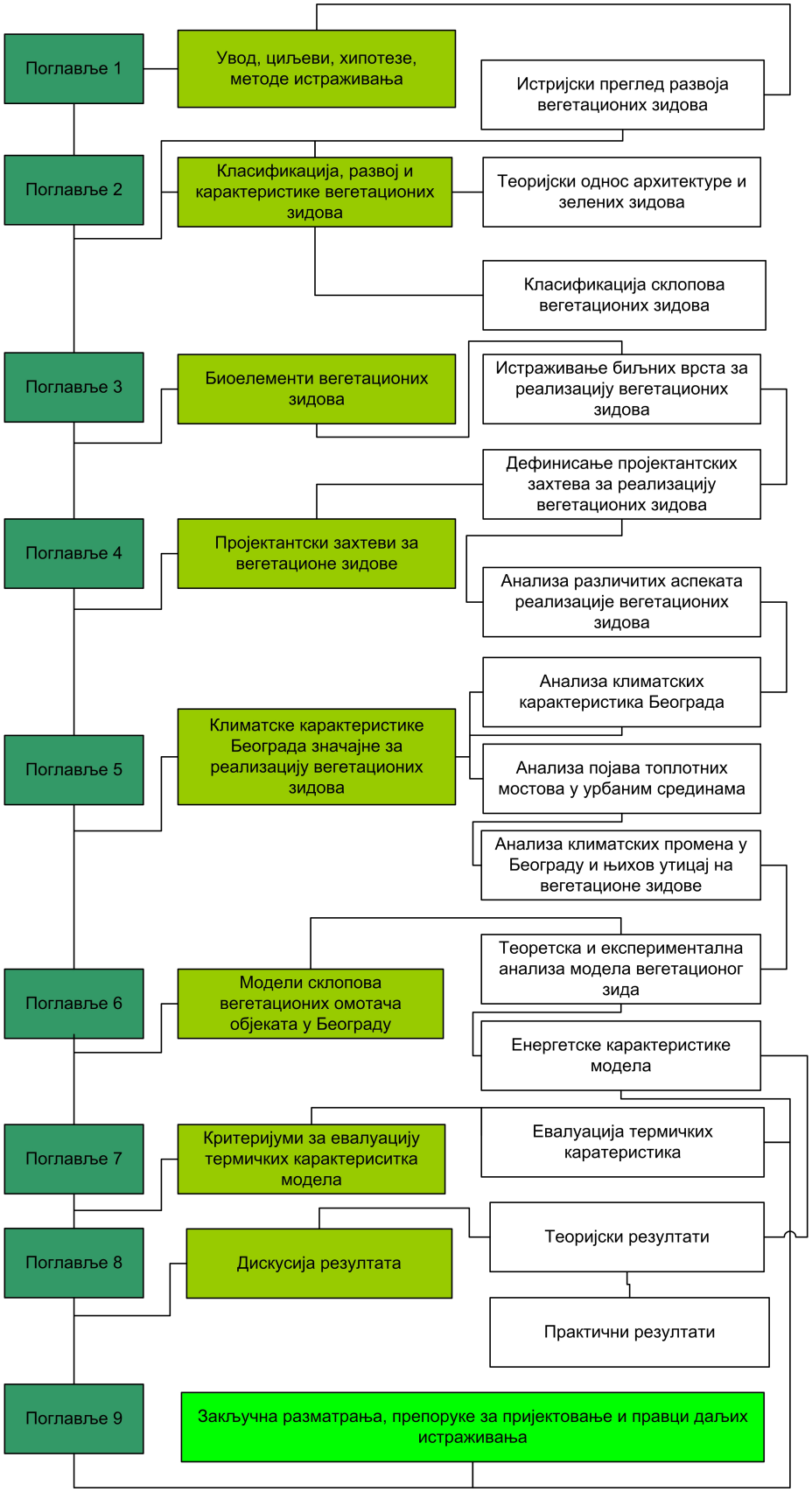
Пето поглавље – ***Климатске карактеристике Београда значајне за реализацију вегетационих зидова*** – дат је приказ климатских карактеристика за Београд, анализирана је појава топлотних острва у урбаним срединама и утицај климатских промена на промену климе у Београду.

У шестом поглављу – ***Модели склопова вегетационих зидова омотача објеката у Београду*** - дат је приказ референтних модела, хипотетичких и практичних за реализацију вегетационих зидова, преглед спроведених енергетских симулација евалуације модела. Анализирају се резултати различитих нивоа енергетске оптимизације.

У седмом поглављу – ***Критеријуми за евалуацију термичких карактеристика модела*** – У циљу практичног разумевања и утврђивања одређених перформанси изабраних модела, утврђују се критеријуми за евалуацију термичких карактеристика модела са циљем постизања оптималних вредности енергетских и облоковних карактеристика модела. Код дефинисања критеријума узети су у обзир фактори који у највећој мери утичу на енергетске перформансе самог елемента, а који у даљој анализи могу утицати на технолошке карактеристике и пројектантска унапређења модела. Евалуација се пре свега односи на смањење потребне количине енергије за хлађење.

У осмом поглављу – ***Дискусија резултата*** – дате су упоредне анализе хипотетичког и практичних модела са аспекта утицаја вегетације на термичке перформансе омотача у нашима климатским условима.

У деветом поглављу – ***Закључку*** се даје приказ резултата истраживања, потврђују постављене хипотезе, образлаже применљивост постигнутих резултата и указује на правце даљих истраживања и дају препоруке за пројектовање.



Табела 1. Визуелни приказ истраживања [*]

2 КЛАСИФИКАЦИЈА, РАЗВОЈ И КАРАКТЕРИСТИКЕ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА

2.1 Вегетациони зидови – дефиниција, задатак, тема

"Фасадни омотачи или спољне преграде" [18] су најзначајнији архитектонски елемент за заштиту објеката од атмосферских утицаја и за архитектонску идентификацију објеката уопште. Они спадају у ред најстаријих грађевинских елемената. По проф. Крстић – Фурунџић "*спољне преграде представљају један од подсистема материјализације објекта. Приступ конципирању њихове материјализације произилази из комплексности функција које обављају и чињенице да непосредно учествују у обликовању објекта и остваривању његових естетских вредности. Процес пројектовања фасада обухвата: 1) одређивање физичких, обликовних и естетских карактеристика и 2) дефинисање технике извођења.*

Ова два поступка су тесно повезана и одлуке често међусобно условљене. Познавање расположивих техника извођења фасада омогућава да се у конкретном случају одлучимо за економски и извођачки најповољнију технику градње, као и да у задатој техници пројектујемо разноврсна композициона решења укључујући и иновативна"[19].

[18] Крстић – Фурунџић, А., Разноврсност материјализације архитектонских структура, Универзитет у Београду Архитектонски факултет, Београд 2003.год. стр. 7.

[19] Крстић – Фурунџић, А., Разноврсност материјализације архитектонских структура, Универзитет у Београду Архитектонски факултет, Београд 2003.год. стр. 7.

Посматрајући и анализирајући фасадне омотаче у различитим архитектонским објектима кроз историју архитектуре, увиђа се историјски, економски и културни образац друштва у коме су настали.



Слика 1. Вегетациони зид – Београд, ул. Браничевска 32 [*]

Вегетациони зидови представљају део растућег концепта новог креативног израза фасадног омотача (Слика 1) који је посвећен превазилажењу изазова које доносе глобалне климатске промене и осиромашење прирудних ресурса све у циљу проналажења одрживих решења за постизање енергетске ефикасности. У исто време достизање обликовних норми омогућује да та решења постану прихваћена у друштву дајући ново изражајно обележје савремених архитектонских објеката. Вегетациони зидови отварају једно ново поље истраживања фасадних омотача третирајући архитектонске објекате као потенцијално место за стварање и реализацију уметничких креација (Слика 2) користећи технологију као основ свог изражавања. Вертикалне баште представљају део интегративног архитектонског изражавања и основ су за идентификовање и решавање обликовних архитектонских задатака и енергетских потенцијала архитектонских објеката. Коришћење елемената зелених зидова у архитектури 21 века отворило је

нове пројектантске могућности и створила изазове за пројектанте са циљем повећања енергетске ефикасности објеката.



Слика 2. Вегетациони зид као подлога за стварање уметничке креације, дечији вртић – Љубљана, Словенија [*]

Омотачи архитектонских објеката данашњице теже динамичности и интерактиваним односом са окружењем уз максимално искоришћење технолошких потенцијала. Вегетациони зидови су коришћени, као елемент засене, заштите од ветра нарочито у архитектурама које су биле под екстремним утицајем спољашњих фактора. У средњевековној архитектури Европе било је уобичајно коришћење зеленила, винове лозе, украсног биља као обликовног елемента у решавању естетских захтева нарочито отворених простора. Механизми којима вегетациони зидови могу да се користе као системи пасивне уштеда енергије су различити: сенка произведена од вегетације, изолационо својство вегетације носећег фасадног елемента, евапоративно хлађење. Архитектонски објекти будућности морају да пронађу начин искоришћења

природних услова окружења за решевање захтевима удобности корисника. Вегетациони зидови су примери непосредне интеракције природе и физичке структуре. Биљни омотач постаје алат за решавање нагомиланих еколошких проблема у урбаним срединама. Постају пројектантски елемент за решавање специфичних захтева перформанси[20] и материјализације[21] фасадних омотача. Вегетација је интегративни део нашег свакодневног живота. Вегетациони зидови се сврставају у зелене фасаде са живим зидним системима. (Слика 3)



Слика 3. Динамичност форме вегетационог зида [18]

[20] *Перформанса,* е, (ж) (енгл. Performance – извршење, представа) 1. резултати, достигнуће, 2. м. а) радне карактеристике б) технички подаци, параметри, Иван Клајм, Милан Шипка: Велики речник страних речи и израза, Прометеј, Нови Сад, 2006. стр. 216

[21] *Материјализација* – изражавање идејног садржаја у видљивом, материјалном облику, остваривање, остварање неке замисли у материјалном садржају, материјализовање, реализација, давати нечему материјалан, предметан, опипљив, видљив, уочљив облик. Речник српскохрватског књижевног и народног језика, књига XXII, Српска академија наука и уметности, Београд 1984. год. стр. 186.

Потреба развоја вегетационих зидова пре свега произилази из потребе што већег контакта корисника са елементима природног окружења. Контактна потреба је непосредно је условљена локацијским условима и орјентацијом објекта на коме је аплициран вегетациони зид.

Вегетациони зидови сврставају се у концепт одрживе архитектуре, јер у реализацији оваквих концепата активно је укључена примена савремених материјала и технологија уз адекватну валоризацију климатских услова и урбаног окружења.



Слика 4. Вегетациони зид као елемент архитектонског изражавања [*]

Они су пре свега настали као потреба проналажења нових архитектонских изражајних алата (Слика 4) која би дала одговоре на интеракцију изграђене структуре и природног окружења. Недостатак плодног земљишта у урбаним срединама вегетационим зидовима се испитују могућности апликације вегетације на постојеће или ново пројектоване фасадне структуре са циљем промене перцепције архитектуре и стварања повољнијих микроклиматских услова у

окружењу. Убрзана индустријализација насеља довела је до развоја система биљног озелењавања верикалних зидова у архитектури савременог доба. Као кључна стратегија развоја оваквог система јесте побољшање животног окружења, људског здравља и менталне добробити. Научно је доказано да биљни свет утиче на ментално здравље људи. Паралелно са развојем технологија развија се и дизајн вегетационих зидова, те га можемо уврстити у савремене уметничке трендове – технолошку уметност. [22] (Слика 5)



Слика 5. Дизајн вегетационог зида Westfield, Лондон [*]

Вегетациони зидови настају мултидисциплинарном активношћу архитеката, пејзажних архитеката, инжињера холтикултуре и технолога. На овај начин се повећава свест људи о различитим предностима употребе ове технологије у савременом друштву.

[22] Шуваковић, М., Појмовник – теорије уметности, Орион Арт, Београд, 2011. Стр. 608

Вегетациони зидови су по својој дефиницији архитектонски фасадни елементи који су слободностојећи или аплицирани[23] на носећи део фасадног омотача који су делимично или у потпуности прекривени вегетацијом.

Интеграција вегетације и архитектонских објеката успоставља нови хибридни однос у архитектури, стварајући мултидисциплинарни приступ пројектовању фасадних омотача.



Слика 6. Вегетациони зид – начин да се природни елементи имплементирају у архитектуру [*]

[23] Апликација ж. Лат. 1. Примена, употреба (нпр. Закона, правила). 2. Пришивање или налепљивање украса на материјал друге врсте (нпр. Чипке на тканину, коже на дрво); такав украс. 3. Наношење боје, житке масе и сл. На нешто: - помаде на лице. 4. Врста компјутерског програма. Речник српскохрватског књижевног и народног језика, књига XXII, Српска академија наука и уметности, Београд 1984. год. стр. 39.

Вегетациони зид се често назива ***зелени зид***. То је термин који се користи да означи све облике вегетацијом обрасле зидне површине[24] (Слика 6). Увођење вегетционих зидова у микроокружење доприноси одржавању уравнотеженог екосистема, под условом да постоји употреба аутохтоних врста биљака које су прилагођене за климатске услове у којима се налазе.

Развој технологије има велики утицај на архитектуру, јер даје одговоре на велики број проблема са којима се фасадни омотачи сусрећу у архитектури новог доба.

Савремена технологија, однос човека према окружењу, дају одговоре на питање како успоставити однос између архитектонског објекта и окружења средствима савремене технологије. Вегетациони зидови омогућава да се створи животни систем веома сличан природном окружењу. То је начин да се природни елементи имплементирају на местима где не постоји избалансиран однос између изграђене и природне средине (Слика 7).

Природним елементом се архитектонском објекту даје нов карактер изражен кроз нови облик интерактивног приступа архитектури и њене мултивалентности.[25] Разумевање питања употребе вегетационих зидова у савременој архитектури може се сагледати у неколко теорија о савременој архитектури.

За Чарлс Џенкса четири су посебна квалитета мултивалентне архитектуре. ”*То су маштовитост креације која ствара нове целине; затим количине тако уобличених елемената; везе између ових делова и на крају модификација која произилази из тих веза”.*

---

[24] Види *Green Roofs for Healthy Cities: Introduction to Green Walls – www.greenroofs.org*

[25] *Мултивалентан* (nl.multivalens) hem. Који има више валенција тј. елеменат, много вредан. Речник српскохрватског књижевног и народног језика, књига XXII, Српска академија наука и уметности, Београд 1984. год. стр. 739.



Слика 7. Вегетациони зид као приказ мултивалентности у архитектури [46]

Мултивалентност покреће на потпуно нова виђења и тумачења која индиректно утичу на сваког појединца (Слика 7) и посматрач се мења са оним што доживљава а вредност неког дела се преноси, мада посредно на организациона стања његовог духа.

За Хартмана архитектура има три спољашња слоја: ”*Сврховита композиција која најјасније оцртава у основи, затим просторна композиција која се дефинише пропорцијама и распоредом маса и како трећа динамичка композиција под којом он подразумева савладавање материје и искоришћавање њене аутономне законитости*”. [26]

[26] Мако, В., Естетика архитектонских облика кроз историју, Архитектонски факултет у Београду, Београд 1999. стр.52-53.

2.2 Историјски преглед развоја вегетационих зидова

Појам вегетационих зидова у архитектонској мисли у интензивној употреби је од 90-тих година двадесетог века, иако постоји велики број вегетационих зидова у ранијим раздобљима историје архитектуре. Први примери вегетациони зидови јављају се у Вавилону (Слика 8) у познатим висећим вртовима Вавилона једном од седам древних светских чуда, чак иако су можда више кровне баште него вегетациони зидови. ”*Вртови су лежали на четвороугаоној кули. По Страбону свака је страна била 4 плетара дуга. Унутар свакога спрата били су чврсти сводови од црепа који су се ослањали на снажне високе стубове. Платформе тераса биле су израђене од масивних камених плоча различитих облика, а одозго прекривени једним слојем трске, а потом заливене асфалтом. На то је био насут дебели слој плодне земље довољан да у њему расту чак и мале шуме. Спратови вртова били су спојени степеницама и покривени плочицама ружичасте и беле боје.*



Слика 8. Вавилонски вртови [108]

На то је био насут дебели слој плодне земље довољан да у њему расту чак и мале шуме. Спратови вртова били су спојени степеницама и покривени плочицама ружичасте и беле боје. Стубови су досезали висину и до 25м те је било довољно светлости за растиње. На поливању ових вртова радило је стотињак робова по читав дан вукући воду из Еуфрата"[27].



Слика 9. Савремени приступ употребе вегетационих зидова [*]

Касније су познати случајеви многих цивилизација да су користиле биљне структуре за покривање делова или целих објеката које данас називамо вегетационим зидовима. Савремена употреба вегетационих зидова у артикулацији фасадних омотача објеката може се везати за 1988.годину (Слика 9).

Историјски посматрано вегетациони зидови показују огромну разноврсност приступу идеја обликовања, али и зависност од технологије и времена у коме

[27] http://www.znanje.org/i/i27/07iv02/07iv0213/babilon.htm

настају. Рационална употреба технологије проузроковала је нову формалну различитост у обликовању вегетационих зидова. "*Невоља са архитектима деветнаестог века није била толико што су оставили новаторство инжењерима, колико то што нису познавали техничку револуцију коју су други носили*".[28]

а) б)



Слика 10. Колоричност вегетационих зидова, Београд, а)новембар 2015.год . б)мај 2016.

Маварска архитектура и уређење вртова, довело је до појаве ниских зелених зидова који су раздвајали просторне целине. У Перуанском граду Мачу Пикчу, тропске климатске карактеристике и плодност подневља подариле су овом граду пределе богато обрасле вегетацијом креирајући интегрисане просторне слике.

Према проф. Грбићу (2015) ” *Хортикултура је уметност (вештина) или наука гајења цвећа , воћа, поврћа и жбуња, посебно у вртовима или плантажама. Корени хортикултуре задиру дубоко у историју и везују се за почетке цивилизације. Данас хортикултура може да се дефинише као грана пољопр*ивреде *која се бави интензивним гајењем биљака које људи користе за исхрану, медицинске потребе или због њихове естетске вредности*.”[29] (Слика 11).

[28] Вентури, Р., Сложености и противречности у архитектури, ИРО Грађевинска књига, Београд, 1989.стр. 108.

[29] Грбић, М. Историја вртне уметности. Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Београд 2015. Стр. 1

Вегетациони зидови двадесетог и двадесет првог века губе конструктивну строгост, постају дематеријализовани, иновативни али и даље задржавају своју основну функцију. Развој људске свести, научних сазнања, откриће нових материјала и економски притисак условили су нова обликовна и конструктивна решења вегетационих зидова , што је омогућило пројектовање концептуално нових и другачијих решења.



Слика 11. Вегетациони зид – експрименталнi приказ, озелењавање урађено зачинским биљем [*]

Основни циљ архитектуре вегетационих зидова јесте да објекту омогући један нови вид урбане препознатљивости архитектонском објекту у окружењу и да створи услове за ефикаснијом заштитом објеката од топлотног прегревања у летњем периоду (Слика 10 а,б).

Вегетациони зидови на овај начин остварују нови облик енергетског биланса објекта, доприносећи развоју нових технологија доводе до новог перцептуалног односа према архитектонским објектима, омогућујући им интерактивни дизајнерски приступ.



Слика 12. Патрик Бланк - Вегетациони зид, хотел у Бечу [*]

Најзначајнији представник у архитектури вегетационих зидова данашњице јесте француски ботаничар Патрик Бланк. (Слика 12). Он се вегетационим зидовма експериментално бави од 1988.године. ”*Његова идеја израде зеленог зида базира се на тврдњи да биљкама не треба супстрат – он представља само механичку потпору*”[30]. Вегетациони зидови настали у периоду крајем 20.ог и почетком 21.века остварују кохезиони систем у оквиру кога технологија и обликовање утичу један на друго и међусобно су условљени стварајући један нови облик сензитивности[31] у архитектонским објектима.

[30] Плавшић, К., Вертикални вртови, Одржива градња и урбане оазе, International GreenBuild Conference 2011., стр.83-89.

[31] Сензитиван (nlat. sensitivus) способан да осети, осетан, чулан, осећајан; који се оснива на опажању, чулном опажају (сензацији). Речник српскохрватског књижевног и народног језика, књига XXII, Српска академија наука и уметности, Београд 1984. год. стр. 1195.

а) б)



Слика 13. Патрик Бланк, вегетациони зид, Athenaeum Hotel, Piccadilly street, London а)угаони поглед, б) вегетационо богаство [*]

У Београду су се у последње време појавили први вегетациони зидови у урбаним срединама. Они нису аплицирани у фасадне омотаче, већ је њихова интерпретација урађена у виду урбаног мобилијара. Први такви примери могу се видети у реновираној улици Војвода Степа, на пијацети испред Правног факултета у Булевару краља Александра и на тргу испред пословне зграде ”Београд”. Вегетациони зидови на овим локација немају енергетске потенцијале, јер нису имплементирани на фасаду, док у обликовном смислу утичу на перцепцију самог простора. (Слика 14, 15 а,б). Теоријски посматрано ликовни оквир ових зидови фокусиран је на упознавању пролазника са савременим и традиционалним начинима коришћења вертикалних башти. Овим радовима испитују се и истражују формалне, технолошке, функционалне, естетске могућности зелених зидова као ресурса у процесу пројектовања урбаних елемената. У визуелном смислу, свака башта је третирана као својеврсни ликовни истраживачки процес у којем је могуће наменски гајити различите биљке које ће помоћу комбиновања боја, облика и форми стварати јединствени визуелни пејсаж.



Слика 14. *Вегетациони зид на тргу испред пословне зграде "Београд", Београд* [*]

а) б)





Слика 15. Вегетациони зид на пијацети испред Првног факултета у Београду и у ул. В. Степа а) поглед из ул. Булевар краља Александра, б) детаљ [*]

Бројни су примери „озелењавања" урбаних простора, и затворених и отворених, како би се побољшао квалитет у „тешким" урбаним језгрима где је количина бетона и асфалта обрнуто сразмерна степену социјализације и укључености а директно пропорционална степену отуђености. Стварање парцијалних биљних екосистема у урбаним срединама помаже очувању равнотеже и стварању одрживих решења за постизање визуелног комфора.

2.3 Архитектура и технологија у реализацији вегетационих зидова

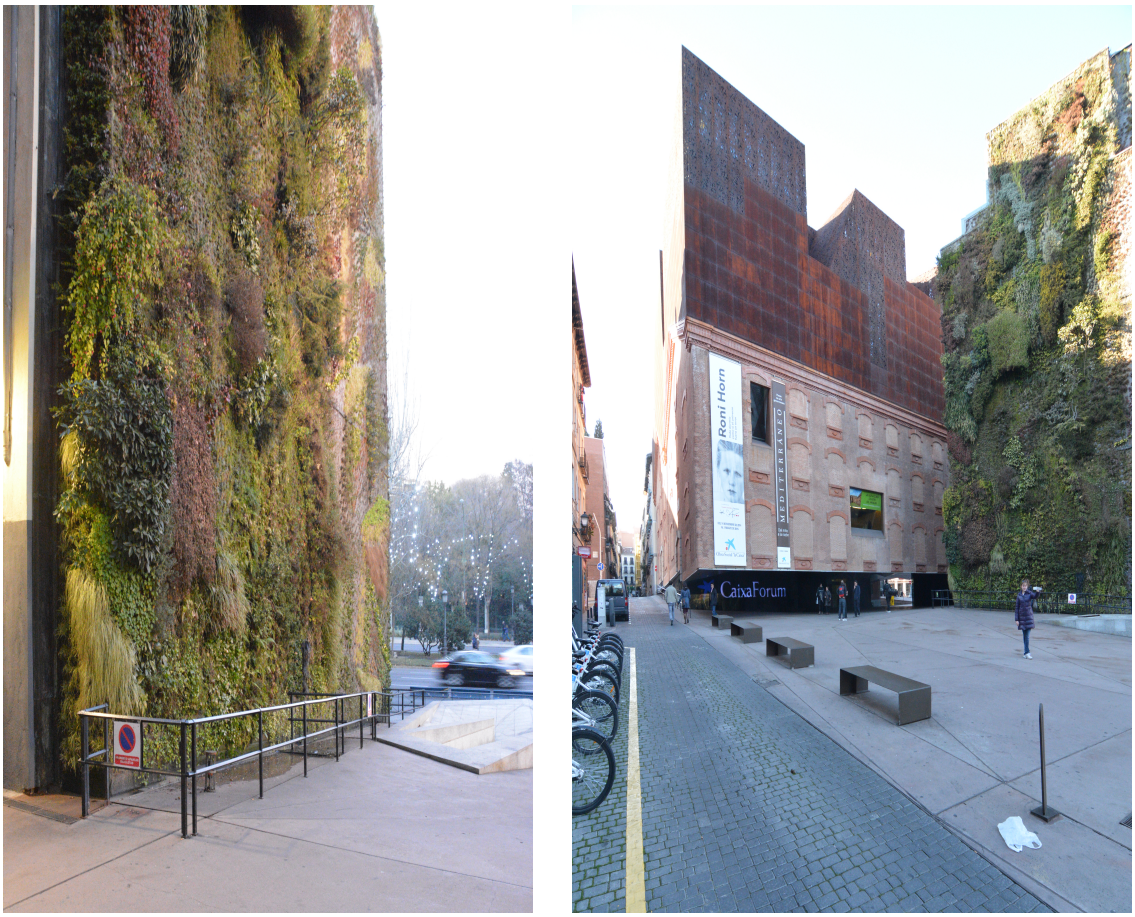
Вегетационе зидове можемо посматрати као елемент за облагање фасаде на конструкцију архитектонског објекта. Технолошки посматрано вегетациони зидови могу бити постављени одвојени од фасадног омотача као додати елемент или као елемент у самом фасадном омотачу. Технологија садње и одржавања оваквих фасадних система се у многоме разликује. Оно што овим система даје као карактеристику архитектонске форме јесте променљивост, динамичност, колоричност и интерактивност. Дуннет и Кингсбури (Dunnet and Kingsbury, 2004.) описују фасаде озелењавање као живе системе, а тиме и самообнављајуће системе за облагање зграда, уз традиционалне употребе биљака у покривању зидних површина. У исто време Кохлер (Kohler 2008.) дефинише вегетациони зид као "*резултат озелењавање вертикалних површина са биљкама укорењеним у земљу или у конструкцију зида, уз помоћ кутија причвршћених за зид како би се покрио зид зграде са вегетацијом*." (Слика 16 а,б).

а) б)



Слика 16. *Вегетациони зид, Antropology store, Лондон, зид направљен уз помоћ кутија, а) поглед са степеништа, б) детаљ* [*]

а) б)



Слика 17. Вегетациони зид, Мадрид, Шпанија модерна верзија традиционалног облика озелењавања а) колоричност вегетационог зида, б) просторни приказ

Вегетациони зидови технолошки представљају модерну верзију традиционалних облика озелењавања зидних површина. Зелени фасадни омотачи зграда користе природне одлике и карактеристике вегетације за решавање обликовних и енергетских проблема и дају савремен приступ архитектонском пројектовању. (Слика 17 а,б)

Вегетационим зидовима технологија сађења, одржавања, заливања омогућава:

- повећање укупног енергетског биланса архитектонског објекта
- смањење утицаја изграђених објеката на живот људи и саму животну средину, кроз логичније позиционирање објеката и бољу анализу животног циклуса.

Актуелна размишљања теоретичара [32] указују да су данашњи омотачи архитектонских објекта плод презентовања одређене информације, а да је зеленило један од медија за исказивање одређених обликовних порука у густим урбаним срединама уз технолошко независно самоодржање.



Слика 18. Вегетциони зид, Будимпешта, ентеријер пословног објекта [*]

[32] *Савремена истраживања, сходно своме предмету, могу припадати различитим областима. Тада је реч о интердисциплинарним истраживањима. Према критеријуму, функције коју истраживања могу имати, истраживања можемо систематизовати у три категорије: експлораторна истраживања, акциона истраживања, интегрална истраживања*. Михаиловић, Д., Методологија научних истраживања, Универзитет у Београду – Факултет организацоних наука, Београд 2004. Стр. 69.

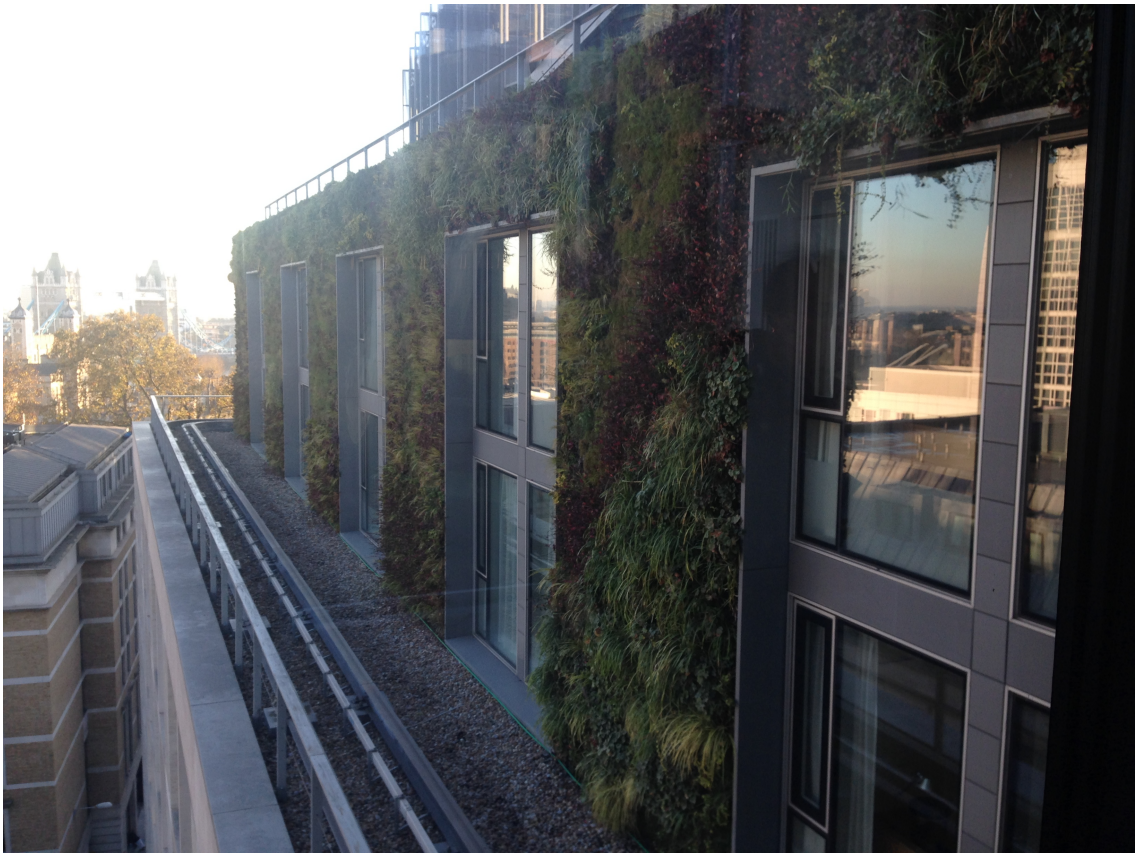
Спајање уметности, инжењерства и ботаника[33] омогућиће нове технолошке погодности за биљни свет изван њиховог природног станишта, а дозволити архитектама и инжењерима комфорнији приступ изградњу вегетационих зидова. (Слика 18). Ови системи омогућавају заштиту животне средине и представљају основ за решевање интегралних проблема, заштите и обликовања, комбинујући природу и технологију. Технологија је на овај начин омогућила фасадном омотачу решавање бројних питања по питању екологије, енергије стварања станишта, биодиверзитета, грађевинске физике. Овакав приступ у разумевању односа технологије и омотача омогућава у обликовном смислу нови вид уметничког изражавања и презентације савременог уметничког израза.

2.4 Интеграција вегетационих зидова у омотач објекта

Фактори који утичу на одлуку о примени вегетационих зидова у материјализацији фасадних омотача (Слика 19) и побољшању њихових перформанси могу се посматрати кроз следеће параметре:

- Физичке и термичке карактеристике вегетационих зидова
- Локацијске карактеристике објекта и окружења на којима се аплицирају
- Утицај вегетационих зидова на укупне перформансе објекта
- Одрживост система
- Монтажа
- Цена експлатације и одржавања
- Обликовни аспект
- Економски аспект
- Утицај на животну средину

[33] *Ботаника* - ж. Грч. А. Наука о биљкама, б. Уџбеник на ту тему. Ботанички, -а, -о, који се односи на ботанику: - класа, башта, врт, врт са sбирком разних врста биљака са за истраживачки и наставни рад из ботанике. Речник српскохрватског књижевног и народног језика, књига XXII, Српска академија наука и уметности, Београд 1984. год. стр. 104.



Слика 19. Хотел Hilton Лондон [*]

Вегетативни зидови који у свом склопу имају озелењене површине прекривене биљним омотачем имају важну улогу приликом уједњачавања микроклиматских параметара у односу на локално окружење као и смањење пролаза топлоте кроз фасадни омотач у летњем периоду.

Лисна површина биљног омотача има улогу апсорбера сунчевог зрачења и својом емисивношћу топлотног зрачења понаша се као елемент заштите фасадног омотача од топлотног прегревања. Евапотранспирација, као сложена особина биљног света је процес који обезбеђује испаравање воде из земљаног засада (евапорација) и испаравање воде из лисних пора до којих вода стиже из кореновог система и трахеја (транспирација)[34]. Као последица ове природне карактеристике биљног омотача долази до евапоративног хлађења ваздуха у биљном покривачу

[34] Медвед С., Грађевинска физика – топлота, влажење, светлост, акустика, пожар, клима у градовима, Државни Универзитет у Новом Пазару, Нови Пазар 2014. Стр. 48 – 49.

испаравањем.[35] Према Медвед С. (2014.) ”*Температура биљног покривача се одређује енергетским билансом топлотних протока; у поређењу са класичним, код озелењених грађевинских конструкција он се разликује у евапотренспирационом топлотном протоку, којим биљке одају скоро све апсорбовано сунчево зрачење. Зато је температура биљног покривача приближно једнака температури окружења*”. Осим овог природног феномена веома важно је знати да вегетациони зидови утичу на снижавању температуре ваздуха у свом окружењу и побољшању климатских параметара у урбаним топлотним острвима. Обликовање вегетационих зидова је у директној релацији са перформансама[36] зидне површиен. Перформансама се одређује понашање делова објеката, грађевинских материјала у односу на функционалне захтеве самих корисника. Перформансе су дефинисане за материјале и за конструктивне елементе посматрано у целини или парцијално. Стандарди перформанси се могу третирати по различитим типовима, различитим нивоима и то:

- Стандарди перфорамнси за целокупан објекат.
- Стандарди перформанси за поједине просторе.
- Стандарди перформанси за поједине компоненте, склопове.
- Стандарди перформанси за материјале од којих су израђени поједини елементи и склопови, целине или објекти[37].

---

[35] *Испарити,* - им свр. 1. Претворити у пару, у гасовито стање. – Сунце испари влагу. 2. Издвојити се, исчезнути прелажењем у пару, у гасовито стање, изветрити (о води); фиг. Нестати, изгубити се. 3. Обли, напарити врелом водом: бурад и каце, Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.484.

[36] **"***Перформанса*: Понашање (производа) у односу на употребу,захтев перформанси: захтев корисника изражен као перформанса производа, захтев корисника: навођење потребе коју објекат треба да испуни, корисник: особа, животиња или предмет за који је пројектован објекат, утицај: било шта што делује на објекат или на делове објекта**"**. Стандарди перформанси у грађењу, принципи за њихову припрему и фактори који се узимају у обзир, СРПС ИСО 6241, Савезни завод за стандардизацију, Београд, 1997. стр.3

[37] *Стандарди перформанси у грађењу*, принципи за њихову припрему и фактори који се узимају у обзир, СРПС ИСО 6241, Савезни завод за стандардизацију, Београд, 1997. стр. 4.



Слика 20. Вегетациони зид, Westelm, Лондон [*]

Када се говори о обликовним перформансама (Слика 20, 21 а,б) које треба да испуни вегетациони зид као грађевински склоп његово пројектовање треба да укључи следећа разматрања:

- Захтеви корисника.
- Утицаји који су у вези са перформансама грађења.
- Захтеви перформанси употребљених материјала.
- Разматрање стандарда техничких услова.

Захтеве корисника које вегетациони зидови треба да задовоље и који објективно морају да се испуне независно од њихове локације унутар или изван објекта могу се поделити у две основне групе:

- Објективне – конструктивне природе.
- Субјективне природе

а) б)



Слика 21. Edgware road station tube - Лондон [*]

У објективне захтеве перформанси за вегетационе зидове убрајају се[38]:

- Захтеви стабилности.
- Захтеви за сигурност од пожара.
- Захтеви сигурности у коришћењу.
- Хидротермални захтеви.
- Акустички захтеви.
- Захтеви у погледу трајности.

У захтеве перформанси субјективне природе убајају се:

- Визуелни (естетски) захтеви.
- Хигијенски захтеви.
- Технолошки захтеви.

[38] Стандарди перформанси у грађењу, принципи за њихову припрему и фактори који се узимају у обзир, СРПС ИСО 6241, Савезни завод за стандардизацију, Београд, 1967. стр. 10, 11

Вегетациони зидови у архитектонском, обликовном и технолошком смислу у односу на друге архитектонске елементе имају доминанту појаву на архитектонским објектима. За њихово пројектовање и њихову реализацију неопходно је да се прати технолошки развој не само у грађевинарству него у другим областима, јер се временом развијају нови системи за њихову реализацију који обезбеђују већи комфор у прцесу експлатације. У обликовном смислу вегетациони зидови се могу посматрати кроз разматрања и оцену следећих параметара:

- Визуелни идентитет вегетационих зидова
- Параметри за оцену обликовних карактеристика вегетационих зидова.

Архитектура вегетационих зидова данас је у многоме изложена новом приступу у обликовању,(Слика 22) новом функционалном тумачењу, новим конструктивним решењима, која се не могу увек сврстати у категорију економске оправданости и рационалности. Инвентивност у обликовању, уз помоћ технологије, престаје да има правила и ограничења у свим аспектима обликовања и материјализације вегетационих зидова.

Визуелна перцепција архитектонских објеката по Шуваковићу[39] "*је процес опажања, разликовања и препознавања света чулом вида. Перципирати, значи видети нешто негде тамо. Перцептивна интеретација састоји се од ласификације надражаја у складу са знањем (меморијом) и очекивањима (уверењима). За Гибсона перцепција психолошки чин, а не чин ума или синтетичких операција у посматрачевом мозгу*." Правилном дефинисању перцептивних захтева претходе анализе захтева корисника, захтева перформанси објекта и перцептуалних захтева вегетационог зида, естетски критеријуми ,[40] и

[39], Орион арт, београд 2011. Стр. 526

[40] "Естетика се препознаје као организирајућа енергија која поред осталог има улогу и вредности у процесу остваривања самоспознања човека.Тиме се естетика поставља у сферу свесне људске

техника грађења. Радивојевић А. "*Појам техника грађења означава начин (поступак) на који је неки материјал уграђен или постављен у одређени функционални елемент објекта. Када су у питању елементи у функцији конструкције, управо је техника грађења та која обезбеђује да се неки материјал, сам или у спрези са другим материјалом, примени тако да буду задовољени неопходни услови стабилности датог елемента*". [41]

Перцептуалне специфичности вегетационих зидова одликују се:

- Вишезначна визуелна промена фасадног омотача
- Боја (односи се на интензитет одређеног колорита)
- Учесталост промене



Слика 22. Вегетациони зид - Учесталост промене [65]

активности помоћу које се открива смисао неког дела остварен симболичким значењима**"**. Мако, В.: Естетика-архитектура, Орион, Београд, 2005. стр. 22

[41] Радивојевић, А.: Конструкције и технике грађења античког рима, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Орион арт, Београд, 2004. Год. Стр. 43.

Обликовање вегетационог зида, односно његова форма је нешто што се прво уочава у дијалогу објекат – корисник (Слика 23). Разноврсност облика, занимљивост архитектонског детаља и иновативност аутора доприносе унапређењу перцепције укупног простора. По мишљењу Шуваковића фикција (енгл. Fiction) је својство неког дела ”*које приказује и изражава замишљене и измишљене објект, створења, ситуације, догађаје, односно мисаоне конструкције које немају референцијални однос с реалним светом*.” Функција објекта у многоме допринети детерминисању архитектуре, фикције[42], обликовања и материјализације вегетационих зидова.



Слика 23. Биљни засад у композицији ствара одређени ликовни однос [46]

[42] Фикција ж.лат. 1. Нешто што је измишљено, замишљена ствар, привидна, замишљена представа, измишљотина, претпоставка да нешто реално постоји, иако је очигледно да је нестварно и немогзће. 2. Уметничка проза измишљања, белетристика. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.1438.

Биљни засад као носиоци обликовних карактеристика архитектонског изгледа вегетационог зида у простору својом композицијом и међусобним односима, како положајно тако и у индивидуалној композицији, стварају одређен ликовни однос. Простор у коме се вегетацион зид налази, обликује се пре свега масом, а карактерише се међуодносом, карактеристика саставних елемената, врстом биљака, бојом, текстуром, односом пуног и празног, ритмичношћу (Слика 24).



Слика 24. Однос боје, текстуре и различитости вегетације [31]

Вегетациони зидови који су формирани засађивањем великог броја биљака, распоређених по одређеном распореду, од чијег положаја у композицији зависи визуелни приказ на фасадном омотачу дају одређени вредносни и ликовни карактер постојан у времену. Ликовност самог зида ”*је у тежњи за слободом од ванестетских садржаја – естетска функција код њих није секундарна,*

периферна или само спољашња (као што је то код низа новијих уметничких грана чији је естетски статус још увек у процесу конституисања и дефинисања, или још увек има експериментални карактер)"[43]

Облик вегетационог зида дефинише се и према положајним карактеристикама зида у односу на остале елементе архитектуре, углом сагледавања, удаљености посматрача. Сама композиција зида условљена је пре свега интегративношћу, пропорцијским односом, уравнотеженошћу и складношћу елемената и њиховим ритмом и учесталошћу понављања, симетријом, асиметријом, хармонијом и модуларношћу (Слика 25).



Слика 25. Композиција вегетационог зида, однос и уравнотеженошћ елемената [7]

Кад се говори о симетричности код вегетационих зидова она може бити предмет посматрања одређених типова зидова, јер је условљена конструктивним и технолошким решењем. Симетрија може бити једноосна, двоосна и вишеосна.

[43] Српска Академија наука и уметности, Речник појмова ликовних уметности и архитектуре, Српска Академија наука и уметности – Завод за уџбенике, Београд 2014. Стр. 15

Геометризован приступ обликовању вегетационих зидова је применљив, јер он доприноси лакшем обликовању, композицији, симболичком односу унутар и изван простора у коме се налази, одређивању неопходних технолошких величина при димензионисању. По Сузани Лангер ”*стварањем симобла исказује се моћ сазнавања и мењања реалности, омогућује нам да памтимо и разматрамо ствари и када нису физички присутне.*”[44]



Слика 26. Динамичност форме вегетационог зида [7]

У зависности од урбаног контекста у коме се налази вегетациони зид пружа читав низ сензитивних појава истичући је, према Макоу, ”*складним односом између реда и израза, истичући је хармонијом између грађе, структуре и приказа*.”[45]

[44] Salisbury FB, Ross CW. Plant physiology, 4th ed. Wadsworth Publishing Company, 1992. Стр.84.

[45] Мако В., Естетика архитектонских облика кроз историју, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд 1999. Стр. 11.

Треба нагласити да је динмичност форме (Слика 26) која се постиже вегетационим зидом исказана кроз препознатљиву структуру материјализације. "*Изглед неког материјала чини све оно што се о њему може сазнати посредством људских чула , па се према специфичностима грађевинских материјала* (Слика 27) *у елементе изгледа могу убројити*":[46]

- боја,
- шара,
- текстура,
- фактура,
- рељеф,
- провидност, прозрачност, непрозирност,
- облик и димензије,



Слика 27. Специфичност боје, облика и рељефа вегетационог зида [110]

[46] Димић С., докторска дисертација, Међузависност облика стамбене зграде и њене материјализације прилог методологији пројектовања, Архитектонски факултет, Београд 1993. стр. 85.

Основна обликовна и пројектантска карактеристика вегетационих зидова је да они поседују концептуалну дуговечност, могућност промене и понављање елемената.



Слика 28. Вегетациони зид омогућава структуралност фасадног омотача [110]

Пошто имају могућност да буду структурални елеменат фасадног омотача, они сами по себи чине одређени тип структуре[47] а основно правило структуре је поштовање конструктивних законитости (Слика 28).

Према проф. Михајловић "*сваки од ових елемената има и одређено значење на другим хијерархијским нивоима перцепције, па је специфични карактер доживљаја посматрача резултат чулне сензације изазване објективним карактеристикама материјала и низа асоцијација које су условљене претходним сазнањима и искуствима, а које чулна сензација у посматрачу буди*".[48]

---

[47] Структуралан, - лна, -о а. Који се заснива на повезаности и условљености структуре неке целине: структуралне промене. Б. Лингв. Који се заснива на принципима структурализма. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.1280.

[48] Михајловић – Ристивојевић, М.: Особине и перформансе материјала у архитектури, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд, 1995. стр. 124.

Већина пројектана покушава да оствари одређени архитектонски допринос, у обликовању вегетационих зидова више као одговор на тренутне обликовне, архитектонске и културолошке циљеве времена у коме се они пројектују, него на нека теоријска и емпиријска питања. У зависности од пројектантантског приступа, нивоа препознатљивости и остваривања одређеног облика оригиналности (обликовног или технолошког) вегетациони зидови се могу посматрати као:

- фундаментални елемент архитектуре зграде,
- предмет посматрања и дивљења,
- место симболике,
- место посебних технолошких захтева.



Слика 29. Вегетациони зид као предмет посматрања и дивљења [110]

Ликовна перцепција вегетационих зидова (Слика 29) радикално је промењена, у односу на неке друге архитектонске елементе, због великог утицаја нових технолошких сазнања, њиховог даљег развоја и примене у пројектантском напору да се облик и материјализација формулишу као просторна структура уз све познате аспекте моделовања. Комбинација и избор биљног материјала, (Слика 30) њихово обликовно структуирање и материјализацијско прожимање, доводе до израде зидова који својим изгледом имају доминантан однос према осталим елементима модерних архитектонских остварења. Према Канту моћ спознавања одговара разуму који с друге стране показују лакоћу материјала од ког су вегетациони зидови направљени и инжењерску надахнутост подигнуту до максимума. Развој и унапређење вегетационих зидова треба подстицајно да делује на процес коремцијализације оваквог облика материјалзације архитектонских објеката да би сами себи обезбедили одређене елементе уметности.



Слика 30. Вегетациони зид , Weselm , Лондон, пример доброг избора садног материјала [*]

Све ово резултује сложенијим технолошким захтевима у пројектовању и реализацији, даљем истраживању граничних могућности и побољшау основних карактеристика, али и нових релација између материјала, облика и конструкције.

Виши ниво сазнања о материјалима и начинима побољшања њихових особина, омогућили су димензионалну редефиницију елемената, што доводи до комбинаторне ефикасности и јединственог уобличавања простора применом вегетационих зидова. Конструктивна неуобичајност, примењени материјали, доминантна су појава у архитектури новијег доба , јер омогућавају разноврсност комбинаторике облика, боље искоришћење граничних потенцијала примењених материјала, економичност и рационалност склопа.

Поред свега наведеног, веома битна категорија у разматрању пројектантске филозофије и методологије реализације вегетационог зида је физичко и физиолошко понашање и интеракција људи и вегетације. Интеракција може каналисати процену корисника о архитектури и архитектонским елементима уопште, не укључујући елементе културолошке различитости, архитектонске погрешивости и несавршености.

У процесу дефинисања критеријума за одређивање обликовних карактеристика вегетационих зидова пре свега мора се размишљати о факторима који су утицали на перцепцију зида без квантативног изражавања. То се пре свега односи на :

- Иновативност дизајнерског и технолошкор решења
- Складност са урбаним контекстом окружења
- Лака препознатљивост и једноставност решења
- Хармоничност композиције, боје и текстуре

Складност са урбаним контекстом подразумева усклађеност природног оквира и елемената архитектонске материјализације вегетационог зида без наметљиве визуелне доминантности већ комуникативног односа са корисницима и окружењем.

Хармоничност композиције, боје и текстуре (Слика 31) представља однос изграђене структуре према ефектима илузије коју ствара вегетациони зид на очекиваним местима реализације.

Према филозофу Алену Бадију идентитет се одређује као многострукост изражавања, извођења, располагања, прихватања и конструисања потенцијалних идентитета кроз два различита приступа.

Први је есенцијални и тумачи га као израз друштва, а други антиесенцијални који одређену естетику објекта види као конституента могућег индивидуалног идентитет



Слика 31. Хармоничност композиције вегетационог зида [110]

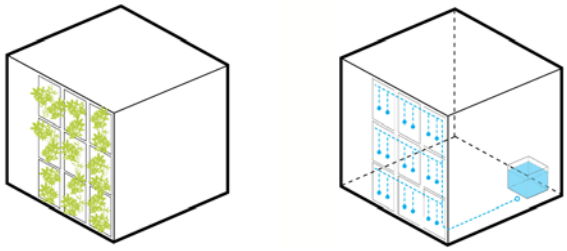
2.5 Класификација склопова вегетационих зидова

Основна подела вегетационих зидова према начину корењења биљног расада је (Табела 2):

- Хидропонски систем гајења
- Садња и гајање биљака у земљаном субстрату (Слика 32)



Табела 2. Класификација вегетационих зидова према начину корењења биљака [*]



Слика 32. Шематски приказ класификације вегетационих зидова према начину корењења биљака а)садња биљака у земљаном субстрату, б) хидропонски систем гајења [97]

2.5.1 Садња и гајење биљака у земљаном субстрату

Систем гајења биљака у земљаном субстрату је традиционалан начин гајења биљних култура, где се корењење биљака врши у земљи. Биљке на овај начин расту у природној средини. Климатске карактеристике поднеља, географски утицај и микроклиматске одлике главни су чиниоци успешног гајења одређених биљних врста. Земљиште има двоструку улогу у гајењу биљака, улогу снабдевача биљака водом и у њој раствореним хранљивим материјама и улогу причвршћивања биљака тј. ослонца. Све вештачке подлоге, које се стварају у процесу реализације

вегетационих зидова се могу поделити на ***активне*** као што су: супстрати, кокосова влакна(кокопит), пресовани стартер сунђер и ***инертне*** као што су камена вуна, перлит, вермикулит, геолит. Најзаступленији медијум за израду вегетационих зидова на вештачкој подлози је камена вуна. Услови који дефинишу успешан раст и развој биљака осим наведених према проф. Жарку М. (2002) су:

- Еколошки услови
- Продуктивност биљке (генетски потенцијал, морфолошки изглед, физиолошке особине биљне врсте
- Примењеност агротехничких мера

Када се говори о еколошким условима, пре свега се мисли на механички састав земљишта, његове физичке, биолошке и хемијске карактеристике, тип зеље и структури земљишта. У оваквом систему гајења хранљиве материје се користе за стимулацију раста одређених биљних култура, контролом количине воде, минералних материја и количине кисеоника у додатом хранљивом раствору. Одређене биљне културе су веома осетљиве на климатске услове у којима су засађене, тако да према њиховим захтевима према топлоти можемо их поделити на термофилне биљке – захтевају високу температуру за свој раст и развој, биљке са умереним температурним захтевима и биљке са малим захтевима према температури.

Ови подаци су веома бити у процесу структуирања вегетационих зидова ради лакшег и исплативијег одржавања таквих расада и дуговечности ликовног израза вегетационог зида. **Термофилне биљке** захтевају оптималну температуру од 22° - 29 ° С и могу да поднесу температуру до 35° С. Ове биљне врсте заустављају свој раст и развој на 10° С а пропадају на температури од 1° С.

Недовољан интензитет светлости утиче на лош квалитет и изглед биљог расада. Биљке највише светлости захтевају у фази цветања и сазревања док су у неутралној реакције на дужину дана. Биљке добро подносе ваздушну сушу док са повећањем ваздушне влаге долази до појаве болести. Недостатак земљишне влаге

добро подноси. Највећа потреба за водом је у периоду интензивног раста биљке, цветања.

Биљке са умереним захтевима, **Мезотермне биљке**, према топлоти захтевају оптималну температуру за свој раст и развој од 21° - 26 ° C, раст заустављају када је температура падне на 5° C, а пропадају на температурама од -8° C.
Биљке са малим топлотним захтевима, **Криофилне биљке,** према топлоти захтевају оптималну температуру за свој раст и развој од 15° - 18 ° C, раст заустављају када је температура падне на 2° C, а пропадају на температурама од -15° C.

Лош утицај високе температуре на развој биљака огледа се пре свега у повећењу евапотранспирације, јер у тим процесима у биљкама се дешавају неповратне, лоше појаве дихидрације у структури и метаболизму биљке и долази до деструкције хлорофила. Утицај ниских температура на биљке такође лош. Пре свега због престанка активне вегетације термофилне биљке се суше, а криофилне прелазе у стадијум мировања. Зимзелене биљке захтевају период прилагођавања на ниске температуре.

У Београдским климатским условима нарочити проблем за одржавање биљака представљају касни пролећни мразеви као и мразеви који се јављају у рану јесен, када је вегетација још у току. Отпорност на ниске температуре зависи од наследних особина, калења, уравнотежене исхране, гајења отпорних хибрида и сората, квалитетне обраде земљишта, дренираности земљишта. Код оваквог система гајења биљака, вегетациони зид се може се развити из готових расада, што је најчешћи случај, а може се развити и директном сетвом семена биљке. Сваки од ових начина има своје предности и недостатке.

Биљке се у односу на потребе за водом знатно разликују. Потреба за водом се испољава у осигурању воде за изградњу биљног ткива и за транспирацију. У односу на потребну количину воде за рас и развој беиљке се деле на:

- Ксерофите - лако се прилагођавају условима суше

- Хигрофите - захтевају велике количине воде
- Мезофите - троше умерену количину воде

За сваку биљну врсту постоји критични период раста, а он наступа кад биљка има највећу потребу запримањем вегетацијског фактора а најосетљивија је на поремећаје, на првом месту на недостатак воде.

Предности оваквог система гајења биљака у односу на хидропонски начин гајења су:

- Мања почетна улагања, ниво инвестиције
- Потребан мањи степен едукације самог узгајивача
- Не зависност од аутоматизације
- Нема појаве технолошког отпада

Недостаци конвенционалног начина гајења биљака:

- Временски дужи период достизања биљне зрелости у односу на биљке које су третиране хидропонски
- Већа потрошња воде
- Смањена уштеда биљног ђубрива
- Необезбеђење уједначен хранљивих раствора
- Тежа контрола биљних болести

2.5.2 Хидропонски систем гајења

Хидропонски систем гајења биљака (Слика 107 а,б) представља напреднин начин гајења биљака користећи воду, без земље - „soiless culture“, где се биљке развијају на површини воде, док се њихово корењење развија контролисаном раствору хранљивих материја. Реч хидропоника потиче од грчке речи „hydro“ – вода и „ponos“ – рад. Овакав начин гајења биљака по први пут је реализован и истраживан на Универзитету Berkeley у Калифорнији 1930.године.

а) б)



Слика 33. Хидропонски систем гајења биљака а) детаљ система, б)детаљ вегетације [111]

Тадашња истраживања су показала да биљке могу да се развијају посебним условима без земљиног субстрата, употребом хранљивих материја у форми јона уз присуство кисеоника. У хидропонском систему гајења хранљиве материје и кисеоник се користе за стимулацију раста одређених биљних култура, контролом количине воде, минералних материја и количине кисеоника у хранљивом раствору. За развој оваквог система гајења неопходна је регулација спољашњих фактора који утичу на раст и развој биљака а пре свега температуре ваздуха и воде, влажност ваздуха, интензитет светлости и ниво CO_2. Циљ оваквог начина гајења биљака је постизање бољег биљног раста оптимизацијом употребе воде, ђубрива и кисеоника.

Постоји неколико типова биљне културе без земље, а главна подела је на[49]:

- Водене културе – Water Culture је систем производње где се биљке одржавају изнад воде са жичаним или пластичним мрежама, дрвеним држачима и стиропор плочама. Кориени су стално или повремено зарођени у хранљиву танки млаз – филм.
- Културе у песку – Sandy Culture. Корени узгајаних биљака расту у чврстом – стабилном супстрату код којег се не вежу и не лиепе честице (песак,

[49] Према http://www.poljohercegovina.org

перлит, пластични материјали, камена вуна или неки други анорганski материјали) и чији је дијаметар мањи од 3.0 мм.

- Културе у шљунку – Gravel Culture. Корени биљака и код овог система гајења расту у чврстом-стабилном супстрату који је састављен од порозних агрегата који нису подложни лепљењу и слегању (шљунак, базалт, лава и други минерални материјали). Дијаметар ових агрегата је већи од 3.0 мм.
- НФТ техника – Nutrient Film Tehniques је систем производње у танком млазу хранљивог раствора. Биљке се са коцкицама-контејнерима постављају у пластичну цев кроз коју струји лагани млаз хранљивог раствора. Корени брзо прорастају супстрат у контејнерима и долазе у контакт са хранљивим раствором.
- Rock wool system – систем производње у каменој вуни. Биљке се gaje на инертним минералним подлогама које се добијају посебним технолошким обрадама на високим температурама.
- Аеропонска производња – где коријен биљке „виси“ у ваздуху, стално или повремено се орошавају финим капљицама хранљивог раствора који се назива аеросол. Корен мора бити затворен и заштићен од спољашне средине и сунчеве светлости.

Функционисање хидропонских система узгајања биљних врста по систему наводњавања односно влажења супстрата мозе се подели на:

- Отворени систем,
- Затворени систем

Отворени системи – хранљиви раствор се користи само једном. Овакав систем се користи код већине класичних система производње и код система где је у употреби камена вуна, песак, тресетне вреће, шљунак. Хранљиви раствор након влажења супстрата више се не употребљава.

Затворени системи – хранљиви раствор се рециклира, односно кружи у затвореном систему и након наводњавања се враћа у базене намењене за

хранљиви раствор. Раствор се редовно лабораторијски контролише и по потреби се додају вода и неопходни хранљиви елементи. Овде се користи субригација, а систем је економичан и еколошки прихватљив.

Недостаци оваквог система гајења биљака у односу на конвенционалан начин гајења су:

- Већа почетна улагања, ниво инвестиције
- Већи степен едукације самог узгајивача за познавање интеракцијског односа хранљивих хемијских раствора и познавање биофизиолошких карактеристика и захтева биљне културе
- Зависност од аутоматизације
- Појава одређене врсте технолошког отпада

Предности хидропонског начина гајења биљака:

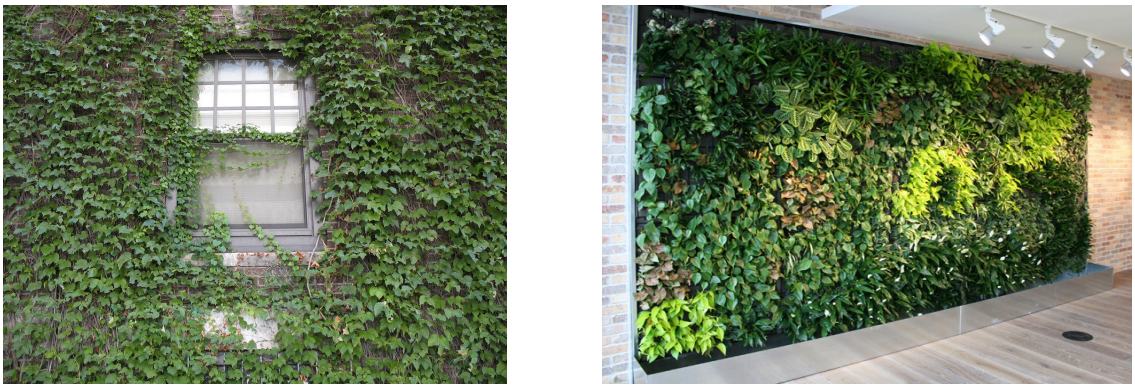
- Временски краћи период достизања биљне зрелости у односу на биљке које су третиране у земљи
- Смањена потрошња воде, па је овакав начин узгајање прихватљив за сушне пределе
- Значајна уштеда биљног ђубрива
- Најефикаснији метод искоришћења простора за гајење биљака
- Могућност гајења биљака на местима где класичан начин гајења биљака није могућ
- Бољи квалитет биљака, боља морфолошка грађа корена, јер је укупна маса кореновог система смањена у оносу на корен биљке која расте у земљи,
- Хидропонски системи обезбеђују уједначен хранљиви раствор који се лако контролише
- Брза и једноставна измена кисеоника у простору кореновог система
- Лакша контрола биљних болести

2.5.3 Садња и узгајање биљака у земљаном субстрату

Системи вегетационих зидова који настају садњом биљака у земљу најчешће се користе за гајење биљака пењачица. То су релативно једноставно и економски исплатива решења. Основна класификација формирања вегетационих зидова коришћењем биљака пењачица је:

- Самопењуће биљке.
- Биљке којима је потребан физичка подршка за формирање биљне структуре.

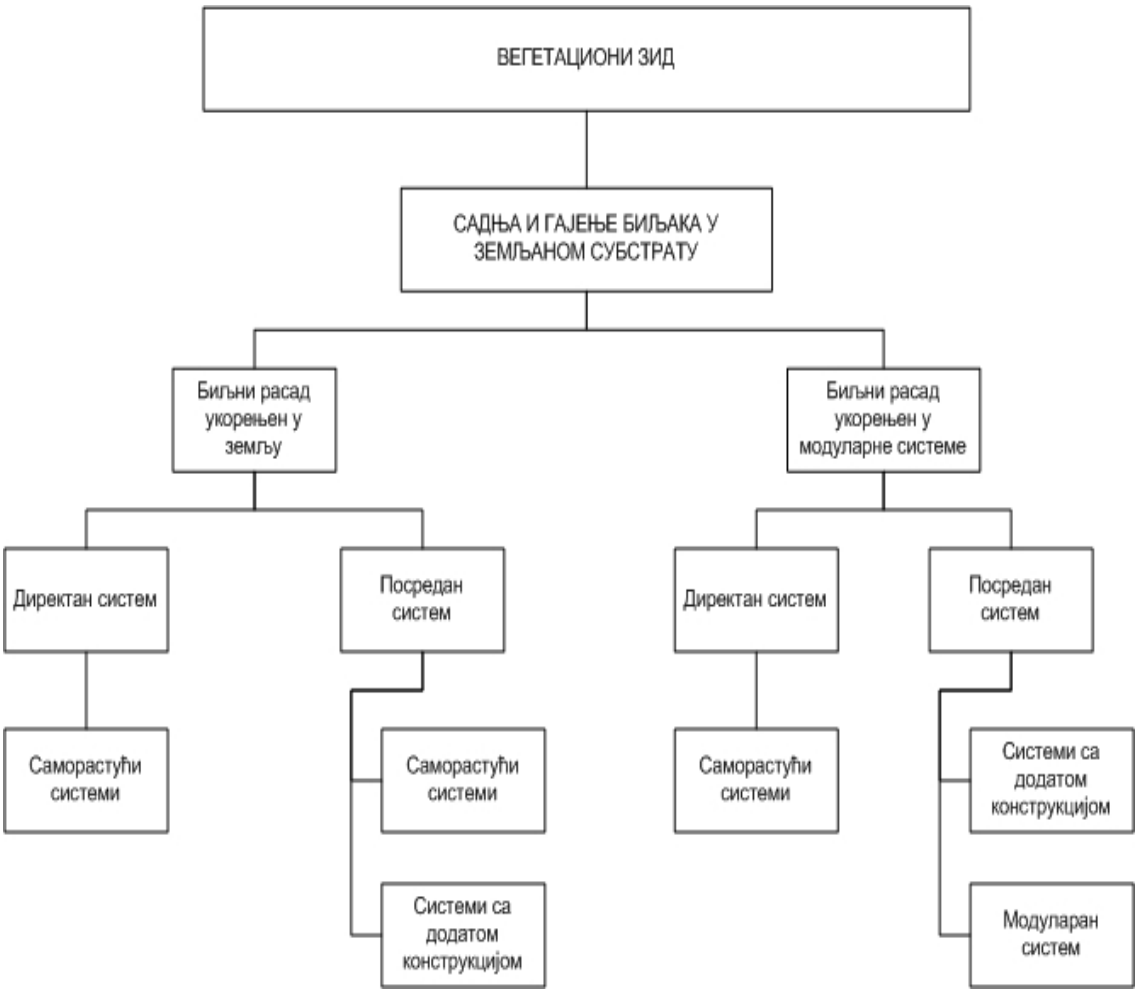
а) б)



Слика 34. Приказ начина формирања вегетационог зида а) вегетациони зис настао уз помоћ самопењућих биљака, б) вегетациони зид настао уз помоћ физичке подршке за формирање биљне структуре [110]

За реализацију оваквих вегетационих зидова (Слика 34 а,б) неопходно је на правилан начин извршити одабир биљног расада. Ови системи су по свом карактеру јефтини и традиционалан су начин формирања вегетационог склопа. Количина земље која је потребна за раст ових биљних врста је мала. Веома је важно познавати основне принципе раста биљке и начине како тај раст стимулисати, ако је неопходно. Вегетациони зидови у систему гајења биљака у земљаном субстрату, а на основу претходно дефинисаних параметара, а пре свега према месту садње и начину озелењавања зидне површине деле се (Табела 3) на две основне групе:

- Вегетациони зидови са биљним расадом укорењеним у земљи,
- Вегетациони зидови укорењени у модуларне системе.



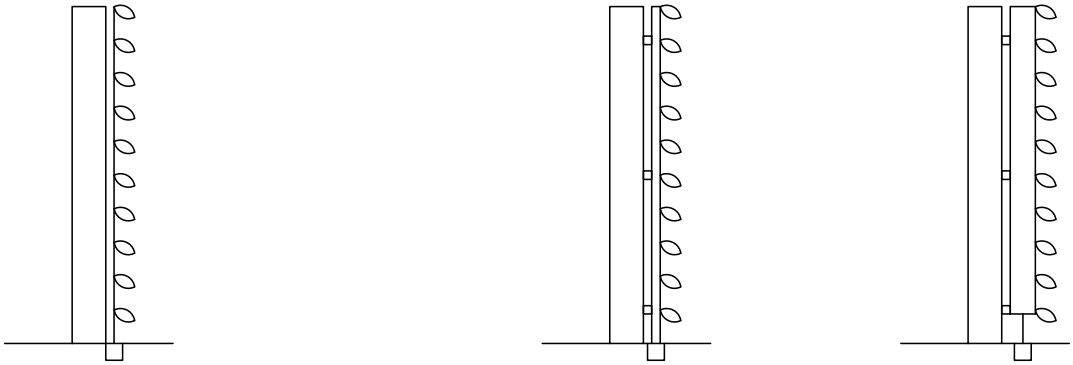
Табела 3. Класификација вегетационих зидова са садњом и гајењем биљака у земљаном супстрату [*]

Унутар ове категорије вегетационих зидова мора се направити разлика између:

- Директног система озелењавања
- Посредног система озелењавања (Слика 37а,б)

У оба случаја вегетација се третира као додати материјал којим се повећавају функционалне карактеристике фасадних омотача. Вегетациони зидови са биљним расадом укорењеним у земљу (Слика 35 а,б) је резултат темељен на употреби биљних врста пењачица које могу бити самопричвршћене на постојећи фасадни

омотач, као део традиционалне архитектуре или уз помоћ додате конструкције која служи као помоћно средство у процесу озелењавања.



а) б)

Слика 35. Приказ основних система зелених зидова а) директан систем озелењавања, б) индиректан систем озелењавања

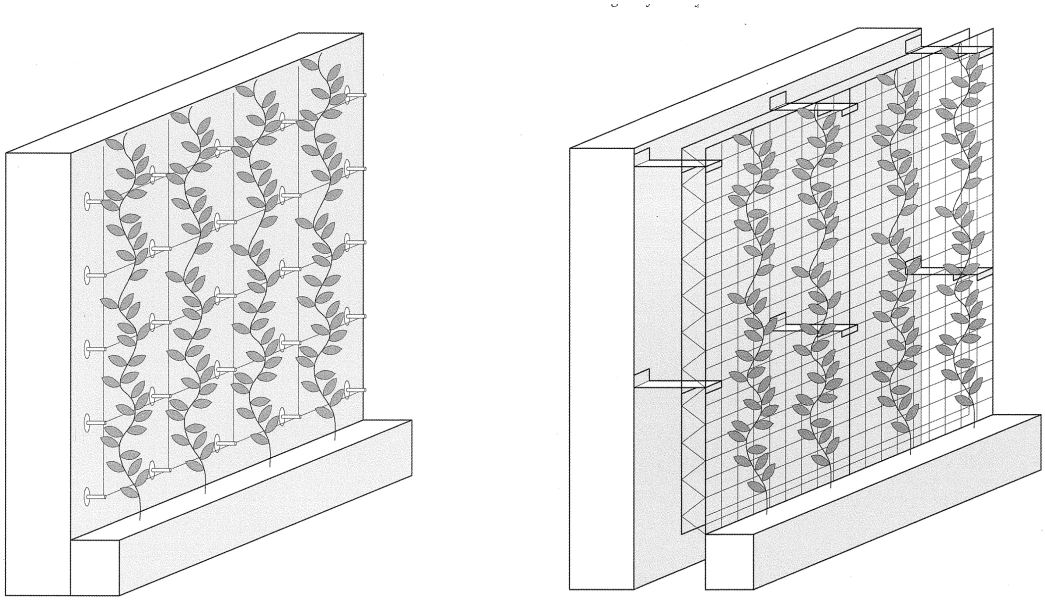
Додата конструкција може бити третирана као дводимензионална или као просторна тродимензионална структура израђена од метала или од дрвета. У случају директног система озелењавања биљни расад је засађен у непосредној близини фасадног омотача који служи као основна структура за развој вегетације.

а) б)



Слика 36. Колорит вегетационог зида у Београду а)јесен, б)пролеће [*]

Овакав начин озелењавања омогућава добијање јефтиног вегетационог зида, али за последицу може имати привремено или трајно оштећење постојеће фасадне структуре у зависности од материјала од ког је израђена (Слика 36 а,б). Избор биљних врста утиче на обликовне и функционалне карактеристике настале вегетацоне структуре. Негетавне карактеристике оваквог вегетационог зида огледају се пре свега у случајевима редовног одржавања зграде. Самопењуће биљке употребљене sa ове вегетацине зидове имају тенденцију раста на горе према извору светлости. Неопходно је да належућа површина, у овом случају постојећа фасада, омогућава биљци спонтано причвршћивање својим изданцима и кореним длачицама. Најчешће се користе листопадне и зимзелене пењуће врсте.



а) б)

Слика 37. Индиректан систем а) дводимензионална структура, б) тродимензионална структура [97]

Према нашим прописима[50] одржавање зграда према природи, обиму и динамици извођења јесу:

- Радови на инвестиционом одржавању и
- Радови на текућем одржавању.

[50] Закон о одржавању стамбених зграда (Сл. гласник РС, бр.. 44/95, 46/98, 1/2001 - одлука УСРС, 101/2005 – др. закон, 27/2011 - одлука УС и 88/2011)

Фасадни омотачи у оваквом начину озелењавања су претече модуланим системима озелењавања, штите објекте од удара ветра, снега и кише у зимским временским периодима, а у летњем периоду не дозвољавају топлотно прегревање.

а) б)



Слика 38. Директан систем озелењавања а) вегетациони зид – директан систем озелењавања – лети, Београд, б) вегетациони зид – директан систем озелењавања – зими, Београд [*]

У обликовном смислу омогућен је визуелна променљивост карактера и идентитета вегетационог зида, изражен у колориту и количини лисне површине (Слика 38), с обзиром на животне циклусе биљних врста. Ови системи захтевају нижи степен одржавања, (Слика 39 а,б) јер није потребна заштита од атмосферских утицаја током године. Код индиректних система озелењавања где је за формирање вегетационих зидова неопходна дводимензионална или тродимензионална структуа, (Слика 40 а,б) потребно је напоменути да она као физичка структура утиче на обликовне и функционалне карактеристика тако формираног вегетационог зида, пре свега материјалношћу и димензијама своје структуре. Индиректни системи озелењавања имају одређену удаљеност корена биљне вегетације од постојећег фасадног омотача.

а) б)



Слика 39. Објекат у Београду а)пре инвестиционог одржавања, б) после инвестиционог одржавања [*]

а) б)



Слика 40. Пример индиректног дводимензионалног система озелењавања и стварање вегетационог зида а) детаљ подконструкције б)изглед подконструкције [*]

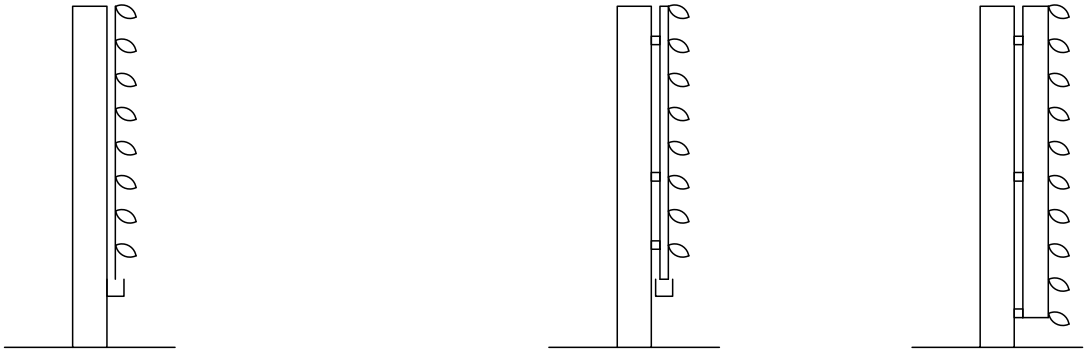
Модуларни систем вегетационих (Слика 41 а,б) зидова подразумева примену контролисаних система садње и одржавања биљних врста у панелима који садрже земљу или неку другу артикулациону супстанцу растућег медија за биљке као и аутономног система за одржавање.

Употреба оваквих система омогућава повећање разноврсности употребе биљних врста, самим тим остварије се повећање обликовних потенцијала вегетационих зидова. Ови зидови у естетско аспекту реализације вегетационих зидова могу се третирати током целе године, омогућавају сложенији дизајн који се не може постићи употребом пузавица и видност постављене структуре је тренутна за разлику од претходно наведених система где је неопходно одређено време да би се формирао вегетациони зид. Економски посматрано ови зидови су много скупљи од претходних система. Модуларни системи омогућавају интеграцуја у фасадни омотач. Биљке се саде у посебно направљене модуле директно на фасади или индиректно на тлу.

За правилну изградњу вегетационог зида употребом модуларних елемената неопходно је да се:

- Постави слој водоотпорне мембране удаљен од носећег дела фасадне конструкције, који ће штитити конструкцију од непожељне влаге
- Инсталира хоризонтални и вертикални развод система за аутоматско наводњавање са сензорима за влагу.
- Фиксирају носећи елементи конструкције модуларних кутија.

Оно што је код ових система најупечатљивије је то што се ствара један нови медиј изражавања у обликовању фасадних омотача будућности, заправо омогућава се остваривање тежње пројектаната за променљивошћу форме. Модуларни системи конципиран на овакав начин употребом вештачке подлоге, зависе пре свега од система за аутоматско одржавања вегетације. Под аутоматским системом за одржавање вегетације се подразумева систем за наводњавање и додавање хранљивих материја биљном расаду.

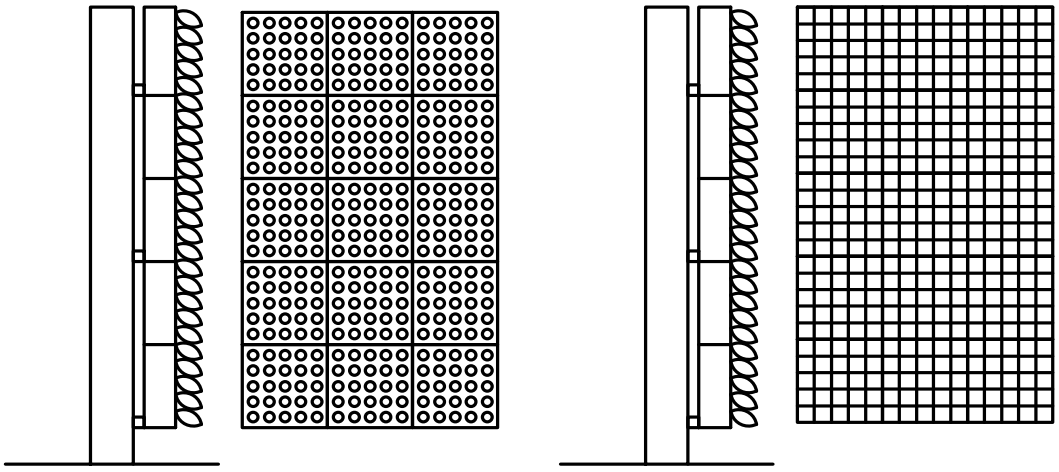


а) б) в)

Слика 41. Биљни расад укорењен у модуларне системе а) директан систем, б) посредан систем са додатом конструкцијом, в) посредан систем, модуларан систем [*]

Карактеристика овог система стварања вегетационих зидова је употреба кутијастих модула, испуњених подлогом за садњу и неопходност подконструктивног система за његово причвршћивање на носећи део фасадног зида. Модуларне фасаде обухватају четири групе система формирања вегетационих зидова:

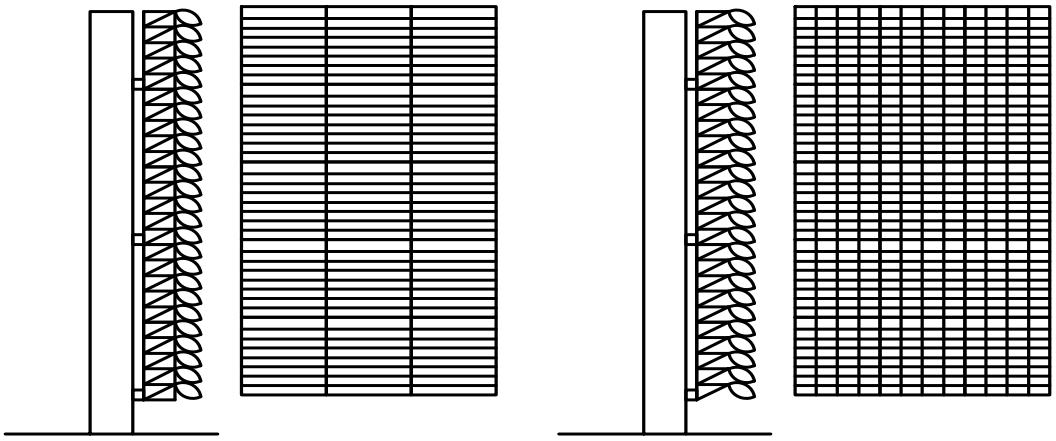
1. Модуларни систем са перфорираним кутијама (Слика 42а)
2. Модуларни систем са платненом подлогом (Слика 42б)
3. Систем са појединачним садним елементима (Слика 43а)
4. Кутијасти систем са обједињеним садним елементима (Слика 43б)



а) б)

Слика 42. Модуларни систем вегетационих зидова а) са перфорираном кутијом, б) кутијасти систем са платненом подлогом [*]

Примена модуларних система за формирање вегетационих зидова припада групи сложенијих система, који омогућавају да се вегетациони зидови поставе унутар или изван објекта. Овакав начин формирања склопа омогућава нам лакоћу у обликовању, применљивост на објектима без ограничења, већу трајност, несметана употреба технологије у процесу одржавања.



а) б)

Слика 43. Модуларни систем вегетационих зидова а) Систем са појединачним садним елементом, б) Кутијасти систем са обједињеним садним елементима [*]

Модуларни систем са перфорираном кутијом

Перфориране кутије су направљене од водоотпорних материјала испуњених подлогом за садњу биљног расада. Перфорација на кутији омогућава олакшану садњу биљака и лакше формирање ликовног идентитета вегетационог зида.

Недостатак оваквог система је да се не могу садити биљке већих димензија и са кореном биљке који је већи од перфорације (Слика 44 а, б). С друге стране то нам омогућава уједначеност биљног расада и структуре самог вегетационог зида.

Сама компонента садне перфориране кутија лако се поставља и замењује у случају оштећења. Иригациони систем може у потпуности да се заштити и сакрије, а лако је доступна у процесу одржавања.

а) б)



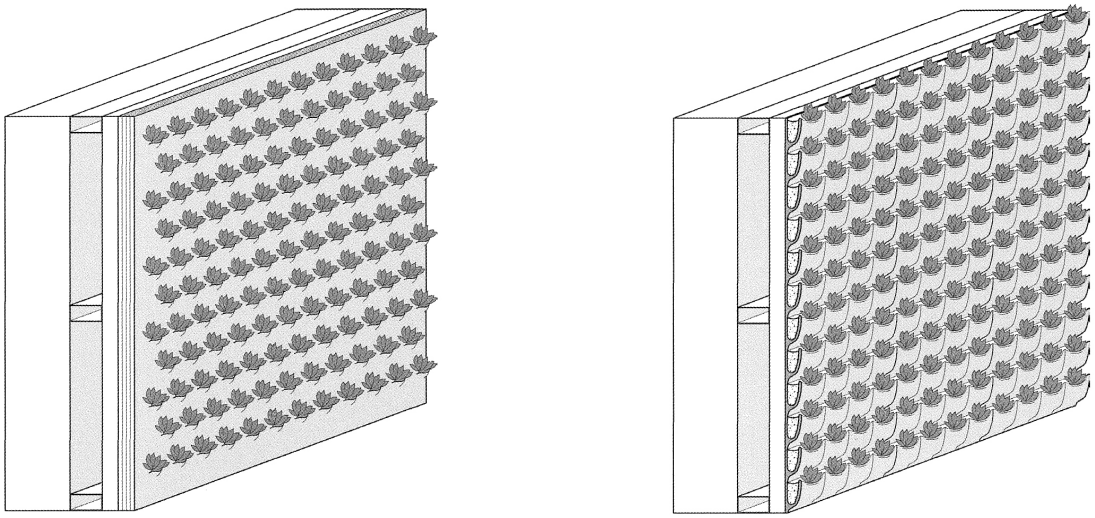
Слика 44. Пример вегетационог зида применом модуларног система са перфорираном кутијом а) детаљ, б) детаљ [*]

Модуларни систем са платненом подлогом

Модуларни систем са платненом подлогом подразумева употребу одређеног платна који се у слојевима поставља на подлогу. Број слојева платна је варијабилан.

Простор за садњу се обезбеђује на два начина:

- Засецањем површинских слојева платна и формирањем простора за садњу биљака (Слика 45а).
- Додавањем ”џепова” за садњу на већ постављену платнену структуру. (Слика 45б).



Слика 45. Приказ обезбеђења садног простора у модуларном систему са платненом подлогом а) засецањем, б) додавањем џепова [97]

Овај систем је погодан за постављање на већим зидним површинама и већим висинама, смањена количина употребе земље за сађење, олакшано прехрањивање биљака, лака замена биљака и додавање нових у случајевима биљног пропадања (Слика 46 а, б). С обзиром на лаку растегљивост платна биљни корен лако формира свој простор за раст и развој. Највећи недостатак овог система је брзо пропадање платнене површине под дејством сунчевог зрачења и воде.

а) б)

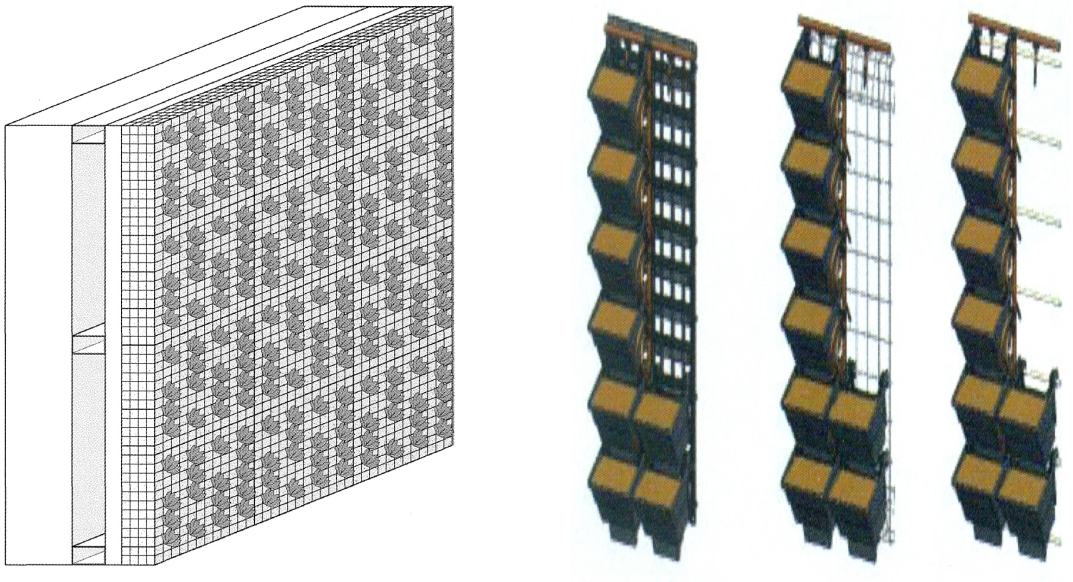


Слика 46. Вегетациони систем са платненом подлогом а) детаљ засецања, б) детаљ додавања џепа [*]

Систем са појединачним садним елементима.

За реализацију овог система неопходна је додатна конструкција направљена као додата конструкција за ношење појединачних садних елемената за формирање вегетационог зида (Слика 47 а,б). Биљке се саде у пластичне садне посуде. Недостатак овог система огледа се у превеликом броју елемената за формирање зида, повећаном мрежном иригационом структуром, потребом за одржавањем потконструкције.

а) б)



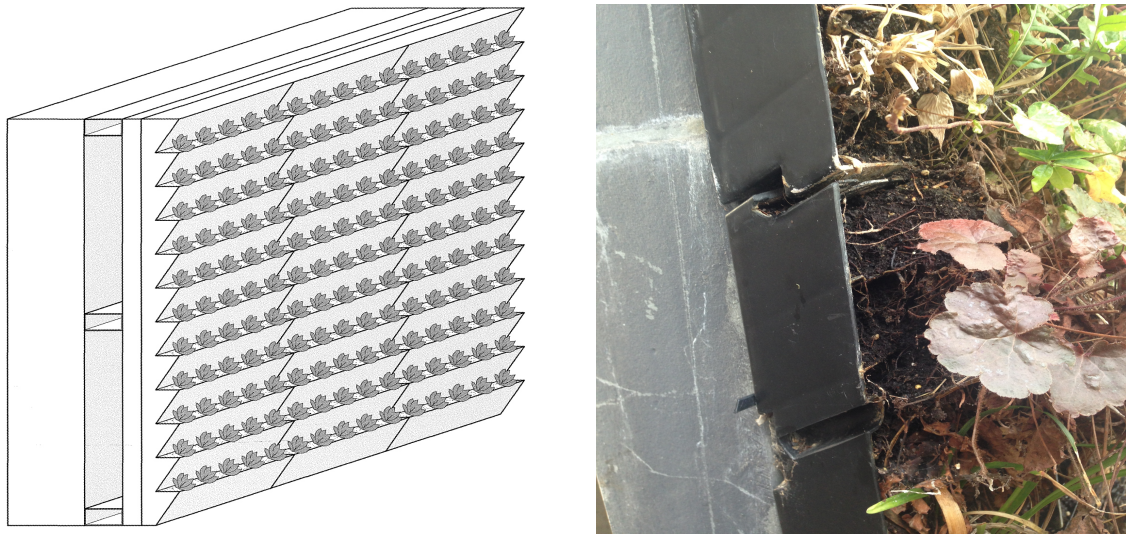
Слика 47. Приказ система са појединачним садним елементима а) детаљ мреже [97], б) детаљ појединачног елемента [110]

Кутијасти систем са обједињеним садним елементима.

Из претходног система модуларних вегетационих зидова директно је развијен систем са обједињеним садним елементима, код кога долази до укрупњавања садне подлоге. Линијски се развијају простори за садњу биљака. Основна предност оваквог система јесте лака садња биљака као и њено заливање, лако одржавање у процесу експлатације, могућност садње различитих биљних култура по величини корена (Слика 48 а,б). На основу изложеног може се закључити да развој савремених модуларних система за реализацију вегетационих зидова као резултат даје велики број система и подсистема који се унапређују. Може се уочити различитост у начину обликовања вегетационих зидова, технолошка

условљеност модуларног елемента у односу на биљну врсту, технолошка адекватност у процесу одржавања вегетационог зида. Вегетациони зидови својим обликом и технологијом израде треба да омогући позитивно вредновање низа аспеката.

а) б)



Слика 48. Приказ кутијастог система са обједињеним садним елементима а) приказ система [110]*, б) детаљ* [*]

У пројектантском смислу неопходно је проналажење нових система, материјала и осталих елемената вегетационог зида како би се досегао ниво оригиналности и препознатљивости у приступу и афирмацији реализације оваквих фасадних структура. Вегетациони зидови могу према месту постављања на објекту бити постављени:

- У оквиру једне фасадне равни објекта,
- на више фасадних равни објекта,
- парцијално на деловима фасадних равни
- на објекту у целости.

За одређивање мета и броја вегетационих зидова на објекту кључан је обликовни аспект. Детаљнија истраживања ће омогућити да се процени утицај вегетационих зидова на околну температуру ваздуха, брзину ветра, пренос топлоте кроз фасаду и укупан утрошак енергије у објекту.

2.5.3.1Директан систем озелењавања

Директни системи озелењавања користе фасадне елементе за раст према горе и нема додатих елемената који би омогућавали формирање склопа. Најчешће се користе биљке из породице бршљена или пењачице са изданцима. Контактна површина би требала да буде такве структуре да омогући биљци несметан раст и да биљку приближи што природнијим условима за раст. Сам вегетациони систем има природну конфигурацију која се не може контролисати.По Dunnetu (2004) коришћење глатких и сјајних метала, стаклаи пластичних површина за реализацију вегетационих зидова није прикладан. Биљке које могу да се користе у оваквом систему формирања вегетационог зида могу бити листопадне и зимзелене пењачке врсте. Постоји реална опасност од оштећења фасадног дела вегетационог зида од стране биљног корена. Биљна маса је доста велика. Број биљака за реализацију овог облика вегетационог зида је лимитиран.

За реализацију индиректних система озелењавања неопходна је одређена жичана структура која омогућава раст биљака на горе. Између вегетационог зида и фасадног омотача појављује се ваздушни простор, јер је носећа конструкција постављена на одређеној удаљености од фасаде. Потребна удаљеност носећег дела вегетационог зида варира у зависности од избора биљке. Биљке најчешће расту вертикално на горе што је важно приликом постављања секундарне конструкције. Одређене врсте биљака могу својим растом да достигну висину од тридесет метара.

Важан фактор за реализацију овог облика вегетационих зидова је пројектовање носеће структуре, која би требало да прихвати лисну масу чију је тежину тешко одредити, јер зависи од много фактора. Структурни елементи се обично израђује од челичних профила, мреже или жице. Материјал је углавном нерђајући челик или дрво. Сама подконструкција мора осим статичких да задовољи и обликовне карактеристике, јер већини биљних врста су листопадне, тако да носећа конструкција има важну улогу у обликовању и естетици архитектонског објекта.

Предности директних система озелењавања фасадних омотача су:

- Ниски почетни трошкови формирања склопа
- Мали технички услови неопходни за озелењавање фасадног зида
- Нема потребе за реализацијом система за аутомаско заливање
- Смањење спољашње и унутрашње контактне температуре фасадног зида
- Апсорпција прљавих честица на листовима
- Побољшање обликовних вредности архитектонског објекта и развој биолошке разноликости у урбаној средини
- Омогућавање природног станишта инсектима и птицама
- Низак ниво потребна за стручном помоћи

Недостаци директних система озелењавања фасадних омотача су:

- Трошкови одржавања
- Дуг период формирања коначног изгледа вегетационог зида
- Могућност деструктивног утицаја на носећу зидну површину
- Немогућност примене на све врсте подлога
- Лимитирана висина озелењавања
- Остваривање могућности лакок влажења подлоге

2.5.3.2Индиректни системи озелењавања

Предности и недостаци који су овде дати само су информативне, јер карактеристике сваког вегетационог зида зависиће од читавг низа додатних фактора.Предности индиректних система озелењавања фасадних омотача су:

- Нема директног контакта вегетације са фасадним омотачем
- Нема потребе за реализацијом система за аутомаско заливање
- Смањење спољашње и унутрашње контактне температуре фасадног зида
- Побољшање обликовних вредности архитектонског објекта и развој биолошке разноликости у урбаној средини

- Омогућавање природног станишта инсектима и птицама
- Без проблема са влагом
- Могућност постављања и озелењавања ”старијих” објеката
- Транспарентност вегетационог зида

Недостаци индиректних система озелењавања фасадних омотача су:

- Трошкови одржавања
- Дуг период формирања коначног изгледа вегетационог зида
- Лимитирана висина озелењавања
- Повећани почетни трошкови

Предности и недостаци (Табела 4) појединих система за формирање вегетационих зидова дати су на нивоу информације, јер сваки вегетациони зид и фасадни систем зависи пе свега од локацијских услова и буџета. Према Отелу, М. (Marc Ottele, 2011) предности и недостаци појединачних система озелењавања дати су у табели:

ФАСАДНИ СИСТЕМ	ПРЕДНОСТИ	НЕДОСТАЦИ
Директан систем	ниски почетни трошкови	могући проблеми са влагом
	погодан за ретрофит пројекте	трошкови одржавања
	потребни релативно мали технички услови	није погодан за сваку градњу
	омогућен развој биодиверзитета	дуго период раста и достизања коначног изгледа
	могуће стварање гнезда за птице	максимална висина озелењавање +/- 25 метара.
	нема потребе за системима за наводњавање	
	смањење спољашње и унутрашње температура ваздуха због испаравања и засенчења	
	смањење ваздушног загађења	
	адсорпција честица чађи на листовима	
	побољшана естетска вредност	
Посредан систем	нема директан контакт вегетације са фасадом	трошкови одржавања
	погодан за ревитализационе пројекте	дуго период раста и достизања коначног изгледа
	зид заштићен од влаге	максимална висина озелењавање +/- 25 метара.
	омогућен развој биодиверзитета	
	узгој и сет могућности	
	нема потребе за системима за наводњавање	
	смањење унутрашње и спољне температуре због евапотранспирацијом сенкама и	
	конверзија угљендиоксида у кисеоник	
	адсорпција честица чађи на листовима.	
	побољшана естетска вредност	
Модуларни систем	развој вегетације	може бити непривлачан због развоја нових система
	природни ефекат	није погодан за сваки грађевински материјал
	омогућен развој биодиверзитета	има потребе за системима за наводњавање
	конверзија угљендиоксида у кисеоник	
	адсорпција честица чађи на листовима.	

Табела 4. Предности и недостаци вегетационих зидова [*]

2.6 Карактеристике вертикалних система озелењавања

Вегетациони зидови су фасадни елементи архитектонских објеката код којих је биљни расад употребљен као елемент завршне обраде посађен у земљу или у модуларне елементе причвршћене на већ готов носећи део фасадног омотача. Вегетациони зидови могу бити како у екстеријеру тако и у ентеријеру објекта. Зидни састав вегетационог зида укључује примарно садну површину, садни расад и структуралне елементе који омогућавају лакши раст и развој биљака са или без ослањања на фасадни омотач, све у циљу покривања фасаде вегетацијом.

Секундарни елементи вегетационих зидова су елементи одржавања у које убрајамо систем за аутоматско наводњавање и или хидропонски систем раста, мешавину додатих супстрата за лакши и бржи раст биљака.

Вегетациони зидови представљају један нови вид изражавања и кореалције између живог света са једне стране и архитектонског објекта и урбаног окружења са друге стране. Озелењени фасадни омотачи нуде бројне економске, социјалне и еколошке предности, као што су:

- смањење гасова стаклене баште,
- лакшу адаптацију објеката на климатске промене,
- побољшања квалитета ваздуха,
- повећање енергетских потенцијала објекта
- пружање станишта,
- побољшане естетике објеката,
- туристичка атрактивност објеката,
- променљиви изглед објекта у односу на годишње доба,
- дематеријализовани изглед фасадног омотача
- одређени ниво покретљивости

Многи од ових бенефита нису довољно истражени. Упркос овим предностима тржиште вегетационих зидова широм света, односно коришћења ових

озелењавање технологија је још увек у повоју. Фасада се може посматратикао као продужетак природе у еколошком смислу, која нуди могућност трансформације у визуелном смислу (промена боје, интензитет листа). Фасада, у зависности од технологије, може створити идеалну подлогу за делемичну или потпуну вегетацизацију објекта. Развојем различитих система за озелењавање фасада директно или индиректно остварена је могућност да вегетациони зидови остваре своје функционалне и обликовне потенције.

2.6.1 Предности примене вегетационих зидова

Вегетативни зидови у одређеним урбаним просторима, масом биљног материјалаа, смањују количину угљен диоксида и честица тешких метала. Позитивни бенефити употребе вегетативних зидова у урбаном окружењу могу се поделити у две основне категорије :

- Општи друштвени бенефит
- Лични бенефит корисника

2.6.1.1Опште друштвени бенефит

Општи друштвени бенефит може се посматрати кроз параметре осварења позитивних ефеката и утицаја на животну средину и то:

- Обликовно побољшање објеката и урбане средине
- Влажност ваздуха
- Фитоницидност
- Ублажавање ефеката ”топлотног острва” у урбаним срединама
- Повећање нивоа квалитета ваздуха
- Смањење емисије угљен диоксида
- Рециклирано коришћење воде у процесу одржавања и побољшање квалитета воде

- Повећање нивоа зоне угодности у објекту
- Склониште биолошке разноликости биљног и животињског света
- Смањење негативних утицаја околине
- Здравље људи
- Нова радна места

Појава ”топлотног острва” у урбаним срединама је последица измењеног биланса зрачења и топлоте у односу на околину и у директној је корелацији са степеном урбанизације. Појава је узрокован претераном апсорпциојм и акомулацијом топлоте у структуралне елементе архитектонских објеката што доводи до температурног дисконтинуитета на микро нивоу. Разлика у температури је већа ноћу и у летњим месецима[51] због топлотне емисија елемената који су током дана акумулирали топлоту, тако да ноћу одају резерве топлотне енергије и тиме одржавају високу температуру градског ваздуха. ”*Томе доприноси и мање ефективно зрачење са градских површина због повећане концентрације антропогених придодатака у ваздуху*.”[52]



Слика 49. Инсталација вегетационог зида [110]

[51] http://www.dgt.uns.ac.rs/download/medgeov7.pdf

[52] Делијанић, И., Климатологија, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд 1996.год. стр.53

Повећање температуре значи да ће објекти у урбаним срединама морати да повећају количину потрошње енергије за снижавање температуре у летњем периоду. Повећање потрошње конвенционалних извора енергије која се користи за генерисање додатне електричне енергије, доводи до повећања емисије угљен диоксида, веће загађење и повећаног утицаја на проблеме топлотног загревања. Претходна истраживања су показала да инсталација вевегетативних зидова (Слика 49, 50, 51) снижавају површинске температуре контактних површина и околног ваздуха. Откриће да вегетативни зид може значајно утицати на редукцију топлотног прегревања елемената, топлотне апсорбције и количине топлотних добитака у летњем периоду у објектима, оправдало је даља истраживања.



Слика 50. Инсталација вегетационог зида [110]

У зависности од положаја зидне површине са вегетацијом, а према истраживању Пека (Peck 1999.) биљни засад може створити довољан ниво турбуленције ваздуха и смањити вертикални проток ваздуха, што доводи до успоравања и хлађења ваздуха.

Повећање нивоа квалитета ваздуха се огледа пре свега у смањењу броја честица пршине у ваздуху. Спроведено истраживање у Немочкој показало је да је у улицама без стабала забележен број од 10 – 20.000 честица прљавштине по литру ваздуха у односу на онај са стаблима у истом стамбеном блоку у коме је забележено само 3000 честица по литру ваздуха.[53] Биљке кроз процес фотосинтезе[54] апсорбују угљен диоксид и ослобађају кисеоник у атмосферу и на тај начин побољшавају квалитет ваздуха. Према истраживању Кана (Kuhn 1996.год) .[55] доказано је да 155 м^2 зеленилом засађене површине произвешће кисеоника довољног за живот једне одрасле особе за 24 сата.



Слика 51. Инсталација вегетационог зида [110]

[53] Kohler, M. (1989). Okologishe Untersuchungen an Extensiven Dachbegrunung, (Ecological Analysis of Extensive Green Roofs). Poser zu Verhandlun der Gesellschaft fur Okologie (Essen 1998) Band XVIII, pp. 246-255.

[54] Фотосинтеза је процес којим аутотрофни организми (биљке, алге и неке бактерије) уз помоћ сунчеве енергије претварају једноставне анорганска једињења - вода и угљендиоксид у шећер и кисеоник. Већина аутотрофа има хлорофил-зелени пигмент који апсорбује светлост и користи је за стварање органских једињења па се зато каже да се фотосинтезом сунчева енергија претвара у хемијску енергију-глукозу, коју онда могу користити сви организми.

[55] Kuhn, Monica (1996). Roof Greening – http://www.interlog.com/rooftop/greening.html

Рециклирано коришћење воде у процесу одржавања и побољшање квалитета воде коришћењем инсталације зеленог зида показало је да су такви системи у могућности да филтрирају тешке метале и честице присутне у кишници.[56] Ово је веома значајно у урбаним срединама где прикупљање и коришћење кишнице као једног од облика обновљивих извора енергије постаје императив.



Слика 52. Вегетациони зид као елемент за обликовање простора [110]

Третирање вегетативних зидова као елемента за обликовно побољшање објеката и простора (Слика 52) може бити двојако. Инсталација вегетативног зида може повратити одређену врсту идентитета архитектонском објекту или урбаној средини. Сами зидови могу послужити као елемент остваривања повећане приватности корисника објекта.

[56] Johnston, J. & Newton, J. (1996). Building Green: A Guide for Using Plants on Roofs, Walls and Pavements. London: The London Ecology Unit.

Вегетативни зидови, (Слика 53) према многим истраживањима утичу на психолошко стање посматрача тако што својим обликом, грађом и животним особинама повећавају ефекат социјализације у најширем смислу речи. Густо изграђена урбана средина у летњем периоду одикује се ниским нивоом влажности ваздуха. Биљке имају природну способност евапотранспирације[57] чиме могу да повећају релативну влажност ваздуха у одређеном урбаном локалитету. Испитивања су показала да је проценат релативне влажности ваздуха у директној функцији величине биљке и површине под биљкама.

Иста истраживања су показала да је релативна влажност ваздуха над градским поплочаним површинама, мања је за 36% од влажности у шуми. ”На градском тргу, влажност је за 27% мања од влажности ваздуха изнад булевара. Утврђено је да повећање релативне влажности ваздуха од 15% човек осећа као снижење температуре од 2,8 до 3,8°Ц. ”[58]

---

[57] http://www.rgf.bg.ac.rs

Евапотранспирација - Представља сумарно испаравање воде у сливу који се састоји од испаравања са терена и транспирације кроз биљке. Испаравање са терена је веома сложено и нема практи чних начина за његово поуздано одређивање. Испаравање са обраслог или необраслог терена представља појаве, код које поред свих метеоролошких елемената посебно утиче влажност земљишта, а код обраслог земљишта и врста културе. Влажност земљишта се не мења само са падавинама и понирањем воде у подземље, већ зависи од капиларног издизања, где као чиниоци улазе и саставтерена и кота нивоа подземне издани. Често севлажност земљишта замењује у рачунима сападавинама – што је погрешно. Сумарно испаравање се не може једноставно довести у везу са метеоролошким вели чинама, јер када нема воде за испаравање, оно не зависи од метеоролошких вели чина. За прецизније дефинисање евапотранспирације неопходно је детаљније влажности земљишта. Оно се најчешће мери дневно, тиме што се сондира терен и за сваки слој узме проба и одређуује средња влажност. Одвајање испаравања са површине терена од испаравања транспирацијом кроз биљке је веома тешко. Све методе се углавном заснивају на мерењу укупног или сумарног испаравања (евапотранспирације). Испаравање са терена се може добити као разлика између укупног испаравања и суме транспирације. Укупно испаравање се може поуздано мерити, али не и транспирација.

[58] http://www.buildmagazin.com



Слика 53. Обликовна препознатљивост вегетационог зида [110]

Фитоницидност је појава којом биљке уништавају штетне микрооргнизаме емитовањем честица. Саме честице према истраживањима, лебде у ваздуху или се таложе. Фитоциди [59] уништавају једну врсту бактерија, а другима не дозвољавају да се развијају. Различите врсте биљака имају различит степен фитоницидности, али ниво фитоцидног деловања биљака толика д су биљке у немогућности да у потпуности неутралишу негативна дејства претерано загажене средине. Фитоницидна особина биљака откривена релативно скоро тако да нема довољно истраживања која би дала одговоре не питање које биљне врсте, са становишта фитоницидности употребљавати за реализацију вегетационих зидова.

[59]http://www.hrleksikon.info / fitoncidi (grč.), supstancije imunološkoga delovanja što ih izlučuju više biljke.

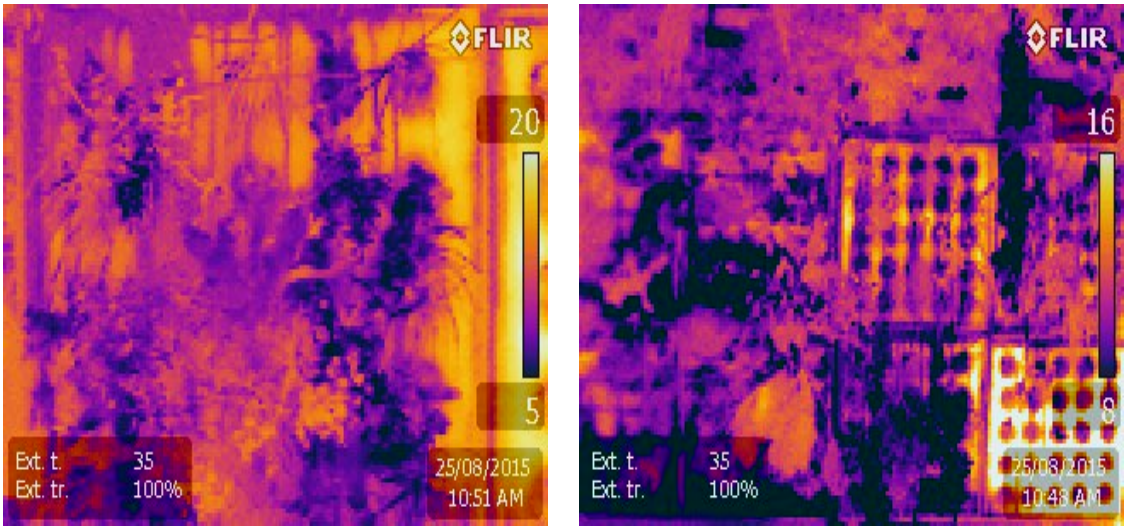
2.6.1.2Бенефити за архитектонске објекте

Лични бенефит може се посматрати кроз:

- Повећање топлотне изолације на објектима и местима имплементације – повећање енергетске ефикасности објекта
- Заштиту структуре објекта
- Смањење буке у микроокружењу
- Побољшање квалитета ваздуха у затвореном простору
- Повећање цене некретнине

Поједина истраживања по питању енергетске ефикасности објеката на којима је имплементиран вегетациони зид показала су смањење температуре зидне површине од 10-60ºC. (Слика 54 а,б). Узрочник оваквом смањењу контактне и амбијенталне темпертуре истраживачи налазе у евапотранспирацији и сенци коју ствара лисна површина у летњем периоду. Такође, истраживања су показала да лисна површина у зимском периоду ствара природан тампон против ветра у зимском периоду. Смањење температуре контактних површина доводи до смањења укупне енергије неопходне за хлађење ваздуха у унутрашњости објекта.

а) б)



Слика 54. Термовизијски снимак вегетационог зида а) модуларни систем – детаљ, б) модуларни систем [*]

Колебање температуре зидне површине током времена експлатације доводи до нежељених дејстава на грађевинским материјалима примењеним у архитектонским објектима. Вегетативни зидови пружају додатну спољашњу изолацију и на тај начин балансирају укупни топлотни флукс,а уједно су и колебања температуре на контактним површинама много мања. Биљна структура зида штити носећу зидну површину од претераног UV[60] зрачења и атмосферских падавина.

Реализација вегетативних зидова у урбаним срединама омогућава смањење бука[61] у микроокружењу, јер само зеленило умањује ефекте деловања високофрекфентних тонова, а у зависности од структуре и технологије постављања вегетативног зида, могуће је и смањење тонова ниске фрекфенције буке.

Познато је да се у те сврхе биљке употребљавају као природе баријере против буке уз аутопутеве, магистрале и железничке пруге које пролазе кроз урбану средину. Различита истраживања су показала да проблеми настали услед лошег квалитета ваздуха у просторима за живот и рада могуће их је решити применом вегетативних зидова, ако су они постављени у непосредној близини места измене ваздуха између спољашње и унутрашње среедине.

---

[60] http://www.zzjzsombor.org

Ултраљубичасто зрачење представља невидиљиви део електромагнетног спектра таласних дужина од 100 до 400 нанометара (нм). Састоји се из 3 дела: УВ А – 315-400 нм, УВ Б – 280-315 нм, и УВ Ц 100-280 нм. По ефектима које изазива припада групи нејонизујућих зрачења, а по таласној дужини налази се између икс-зрачења (јонизујуће зрачење мањих таласних дужина) и видљивог дела спектра (400-700 нм). Главни извор ултраљубичастог зрачења је Сунце – природно (соларно) УВ зрачење.

[61] http://www.zjzs.org.rs/

По дефиницији, бука је сваки нежељени звук. То значи да свака звучна појава (зујање, ларма, шум, галама, лупа, говор и сл.) која омета рад или одмор представља буку.

2.6.2 Недостаци примене вегетационих зидова

Поред исказаних квалитета постоје и одређени недостаци вегетационих зидова и у супротности су са Вентуријевим ставом да зид као елемент додира јавног и приватног постаје основа естетског доживљаја. Постоји реални недостатаци вегетационих зидова а они се пре свега односе на:

- Потребу за додатним одржавањем,
- Шансом да дође до оштећења зидне структуре
- Повећане количине инсеката
- Неочекивани додатни трошкови одржавања
- Опадање лишћа
- Болести биљака

а) б)



Слика 55. Приказ вегетационог зида услед слабог одржавања, а) детаљ, б) детаљ [*]

2.7 Одржавање система вегетационих зидова

Систем одржавања вегетационих зидова је веома битан фактор у процесу реализације и временске дуговечности вегетационог зида. За правилан раст биљака у оквиру вегетационог зида неопходно је обезбедити довољну влажност

земљишта, правовремено орезивање биљака и њихово правилно ђубрење (Слика 55 а,б),. Врста биљака употребљених у формирању вегетационог зида одређује ниво и цену одржавања вегетационог зида. Под одржавањем вегетационог зида подразумева се одржавање:

- биљног расада
- конструктивних елемената вегетационих зидова
- система за наводњавање

Одржавањ биљног расада. Биљке је потребно одржавати како би естетика вегетационог зида била константна. (Слика 56). Под тим подразумевамо:

- правилно и благовремено орезивање биљака
- уклањање осушених делова биљака
- уклањање осушених биљака
- расађивање и досађивање биљака у структуру зида



Слика 56. Одржавање вегетационог зида Wesfield, Лондон [*]

Постоји битна разлика у третирању засађених биљних врста у односу на то да ли су оне једногодишње или вишегодишње. Вишегодишње биљке би требале да трају дужи низ година и најчешће се употребљавају у формирању вегетационих зидова. Међутим с обзиром на околности које владају у вертикалним

вегетационим структурама њих животни век је обично краћи у односу на исте биљке засађене на конвенционалан начин. То пре свега зависи од климатских услова, експозицији сунчевом зрачењу, временских услова, начина одржавања (наводњавање, прехрањивање, орезивање).



Слика 57. Уклањање осушених делова биљака [*]

Према неким истраживањима најкритичнији период за биљке у нашим климатским условима је период који настаје крајем зиме и почетком пролећа када биљке почињу да расту и за тај раст им је неопходна вода и растворена минерална ђубрива, а тада веома лако, с обзиром на климатске карактеристике може доћи до замрзавања земљишног субстрата, који ће се негативно одразити на биљку. Веома битно је време почетка орезивања биљака, како би се потспешио њихов раст у предстојећем периоду, а то је за наше климатске услове период након периода могућих пролећних мразева (Слика 57).

Иригациони систе или систем за аутоматско заливање је можда најзначајнији аспект одржавања. Он подразумева аутономност и аутоматизацију самог система,

који мора да ради према унапред задатим критеријумима. Ти критеријуми се дефинишу у процесу пројектовања вегетационог зида и подложни су одређеним коректурама. Систем за заливање треба да обезбеди вегетацији довољну количину воде, како би се одржавала уједначена влажност земљишта и како би се биљкама додавала прописана количина биљног ђубрива (Слика 58 а,б).

а) б)



Слика 58. Пример пропадања биљног засада услед претерена количине воде а) детаљ, б) детаљ [*]

За ове потребе поједини произвођачи опреме обезбедили су даљински систем мониторинга којима се мере унапред дефинисани фактори, који утичу за правилан раст биљака и веома су важни у процесу одржавања, а то су пре свега:

- Мерења температуре земљишта,
- мерење нивоа влажности земљишта,
- мерење P_h вредности земљишта.

Сва ова мерења морају да се обављају у реалном времену, уз прикупљање дневних хидрометеоролошких података за предметну локацију. Сви ови подаци се прикупљају како би се на адекватан начин обезбедило квалитетно одржавање биљног засада. Већина проблема у процесу одржавања (Слика 59 а,б).

вегетационих зидова настаје приликом одржавања одређеног нивоа влажности земљишта. За правилан раст и развој биљака неопходно је да је земљиште влажно, али не претерано нити блатњаво као и не превише суво у зимском периоду кад год земљиште није замрзнуто. Оптимална влажност земљишта омогућава биљкама правилан раст и чува биљку од исушивања и умирања.

Трајање и учесталост наводњавања (Слика 60 а,б) у директној је вези са спољашњом температуром, местом постављања вегетационог зида у односу на стране света, изложености вегетационог зида ветру, годишњег доба, врсти употребљених биљака за реализацију вегетационог зида (Слика 61 а,б).

По правилу количина воде која је неопходна за заливање повећаваће се током летњих месеци, а смањивати у јесен уз само повремено заливање током зиме.

а) б)



Слика 59. Пример одумирањаа биљака услед недовољног заливања а) детаљ, б) детаљ [*]

У нашим климатским условима (Табела 5), према препорукама одређених аутора вегетационе зидове треба заливати према следећој табели:

Месц	
Јануар	Једанпут месечно
Фебруар	Једанпут месечно
Март	Два пута месечно
Април	Три пута месечно
Мај	1 мин. на свака два дана
Јун	2-3 мин сваког дана
Јул	2-3 мин два пута дневно сваког дана
Август	2-3 мин три пута дневно сваког дана
Септембар	1 мин. на свака два дана
Октобар	1 мин. на сваких пет дана
Новембар	Заливање по отреби
Децембар	Заливање по потреби

Табела 5. Табеларни приказ дужине трајања заливања по месецима [*]

а) б)



Слика 60. Систем аутоматског одржавања влажности земљишта у вегетационом зиду а) детаљ, б) детаљ [*]

Веома је битно систему вегетационог зида обезбедити правилно отицање вишка воде, јер ће се само на овај начин обезбедити праилан раст биљака. Једногодишње биљке које се употребљавају у вегетационим зидовима захтевају замену на почетку сваког вегетационог периода.

За њихову садњу неопходно је темељно испирање засадних модула и њихова дезинфекција као и употреба свежег субстрата и мешавине земљишта. Ове биљке не захтевају орезивање, само у случајевима када прерасту предвиђену величину. Појава коровских биљака и биљних болести код вегетационих зидова мора се третирати ручно.



Слика 61. Систем за аутоматску контролу влажности земљишта а) детаљ, б) детаљ [*]

Одржавање конструктивник елемената вегетационих зидова. Вегетациони зидови осим обликовних морају да задовоље и конструктивне критеријуме у процесу одржавања. Под тим подразумевамо одржавање носећих конструктивних елемената и елемената испуне односно садног простора. Најприхватљивије, у процесу одржавања, да су носећи елементи направљени од елемената који не захтевају додатно одржавање, с обзиром на ”агресивност” простора у коме се налазе, а најчешће услед дуготрајног и константног додира са водом и раствором

минералних ђубрива. Садни простор би требао да буде лак за монтажу, да омогући лако руковање приликом садње и одржавања биљака. Могу бити направљени од различитих материјала, са или без могућности рециклаже. Битно је знати како се употребљени материјали понашају у времену могућег замрзавања и одмрзавања и како на њих утиче ултравиолентно сунчево зрачење.

2.8 Архитектонска трансформација урбаних простора

Вегетативни зидови који фасадни омотач претварају из статичног у динамичан однос према посматрачу, у густим урбаним срединама имају велики потенцијал у реализацији унапређења фактора одрживости животне средине. То се пре свега односи на велике зидне површине, на којима могу да се аплицирају овакви напредни технолошки системи (Слика 62).

Вегетативни зидови имају за циљ да архитектонским објектима дају нов карактер у односу на окружење, да повећају енергетску ефикасност и енергетски биланс, стварајући нови облик препознатљивости, стварајући интерактивни дизајн са окружењем (Слика 63).

Позитивни ефекти вегетативних зидова зависи од бројних фактора. Основни фактори за постизање ових ефеката су:

- Дизајн вегетативног зида – он се пре свега односи на количину зидне површине, густину и величину листова, врсту употребљених биљака
- Орјентација вегетативног зида
- Ниво одржавања

У реализацији трансформације урбаног простора употрбом вегетативног зида неопходно је успоставити одређену комуникацију корисника и окружења. ”Будућност наших заједница, природних ресурса и екосистема зависи од тога колико разумемо, ценимо и чувамо станишта и врсте које одржавају наш свет.

Треба бити проактиван и пружити деци и одраслима алате којима ће уочавати ефекте променљивости”[62]

а) б)



Слика 62. Утицај количине биљног рада на обликовање вегетационог зида а) приказ вегетационог зида, б) детаљ [*]

У реализацији трансформације урбаног простора употребом вегетативног зида неопходно је успоставити одређену комуникацију корисника и окружења. ”*Будућност наших заједница, природних ресурса и екосистема зависи од тога колико разумемо, ценимо и чувамо станишта и врсте које одржавају наш свет. Треба бити проактиван и пружити деци и одраслима алате којима ће уочавати ефекте променљивости*”[63]

[62] Милојевић, М., Ђокић, В., Препоруке за унапређење јавних простора и садржаја у приобалним насељима Новог Београда, Утицај климатских промена на планирање и пројектовање – смернице и препоруке, Архитектонски факултет, Београд, Београд 2014. Стр. 130.

[63] Милојевић, М., Ђокић, В., Препоруке за унапређење јавних простора и садржаја у приобалним насељима Новог Београда, Утицај климатских промена на планирање и пројектовање – смернице и препоруке, Архитектонски факултет, Београд, Београд 2014. Стр. 130.



Слика 63. Вегетациони зид као елемент препознатљивости [110]

Урбани простори данас користећи савремену технологију у материјализацији архитектонских објеката доживљавају морфогенезу. Ђокић, В. У својој књизи Урбана морфологија – град и градски трг (2004.) дефинише карактер морфогенезе као ”*Један од основних принципа морфогенезе подразумева иницирање процеса у коме се облици грађених структура посматрају у моменту њиховог настајања, током њиховог развоја и промена кроз време. Сагледани на тај начин морфогени процеси представљају синтезу односа и активности свих актера у једној градској структури*.”[64]

[64] Ђокић, В., Урбана морфологија – град и градски простор, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд 2004., стр 203.

2.8.1 Визуелни идентитет објекта

Додатну вредност вегетативних зидова остварује се елементима обликовне различитости, која је употребом биљног материјала, у потпуности објекту и фасадном омотачу даје јеадн нови визуелни идентитет (Слика 64). Вегетативни зидови могу бити бити интегрисани у фасадне омотаче целом својом површином, до малих интеракција у објекат.



Слика 64. Визуелни идентитет вегетационог зида [110]

Вегетативни зидови постају симбол еко или зелене градње, зато што их је лако идентификовати, јер су видљиви и непосредно утичу на укупни билан зелених површина у урбаним срединама. Објекти са примењеним вегетативним зидом постају врло конкурентне на тржишту некретнина. Оне својим визуелним идентитетом доприносе не само идентификацији самог објекта него у многоме утичу и на креирање идентитета места (Слика 65).

Основна архитектонска потреба је да се у јавном простору објекат истакне одређеном поруком. Вегетативни зидови то омогућавају, али осим те поруке они доприносе и:

- Повећању биоразноликости у урбаној средини
- Урбану пољопривреду
- Место за рециклирање
- Побољшање здравља



Слика 65. Вегетациони зид као елемент креирање идентитета места [110]

Вегетативни зидови могу у одређеној мери да ублаже недостатак биолошке равноправности у урбаним срединама, затим да одрже одређене биљне врсте, као и да осигурају одређена станишта и гнездилишта за инсекте и разне врсте птица. Вегетативни зидови су природни продужетак свом окружењу. Одређена истраживања показују да се могу идентификовати биљне врсте, птице и инсекти који могу успешно преживети у оваквим околностима.

Архитектонски објекти са вегетативним зидовима, кроз истраживања низа аутора, (Honeyman 1987), доказали да зеленило има велики позитиван на здравље људи. Истраживања су показала да визуелни контакт са биљним расадом и артистичком креацијом доводи до повећаног задовољства боравка и рада у таквим просторима,а самим тим и продуктивности (Kaplan 2001.). Нарочито је значајан рад (Ulrich 1983) који доказује успешнији постоперативни тренд у здравству у објектима где су пацијенти били у директном односу са вегетативним зидом.



Слика 66. Приказ урбане пољопривреде [110]

Урбана пољопривреда[65] је недовољно истражено поље реализације вегетационих зидова. Истраживачи (Слика 66,67) закључују да вегетативни зидови имају

[65]http://www.gradjevinarstvo.rs

неоспоран потенцијал за реализацију урбаних пољопривредних засада, а да је корист очигледна (Слика 68 а, б). У урбаним срединама и местима урбане преизграђености, где је земљиште скупо и где га има недовољно, вегетативни зидови се могу користити као погодно место за реализацију оваквих идеја.



Слика 67. Урбана пољопривреда [110]

Координатор за Urban Management Program за UN-Habitat, написао је да је истраживање у последње две деценије показује да "*... урбана пољопривреда има вишеструке улоге и функције и игра важну улогу у: јачање урбане сигурности*

Урбана пољопривреда (urban agriculture) је пољопривредна грана која се односи на узгајање, прераду и дистрибуцију хране у, или у непосредној близини насељених места. Она може бити повезана и са хортикултуром, узгајањем животиња, засадом воћњака, аквакултурама, итд.

хране, прехрану и здравља ... и урбана озелењавање и одржавање зелених отворених простора ... "[66]

”*Основна карактеристика урбане агрокултуре јесте локална производња хране за локалну употребу – затворен систем снабдевања у оквиру локалне заједнице који пружа много предности: рекултивација неуређених градских површина, запошљавање становништва, више хране и здравија исхрана, повећање економске моћи града и његових становника, јаче везе међу становницима*”[67]

а) б)



Слика 68. Пример урбане пољопривреде - ауторов експеримент вегетационог зида а) краставци б) парадајз [*]

[66] Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design September 2008

[67] http://www.gradjevinarstvo.rs

3 БИОЕЛЕМЕНТИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА

За лакши и бржи раст биљака, лакше одржавање система у процесу експлоатације и константан визуелни идентитет вегетационог зида неопходно је познавање биљних врста. То се пре свега односи на познавање услова раста биљака и њихов животни век.

3.1 Биљни расад

Биљне врсте које се употребљавају за реализацију вегетационих зидова морају бити правилно селектоване и употребљене оне биљке које могу да се развијају и расту у специфичним условима. Недовољна количина природне светлости, сув ваздух, ниска температура, мала количина земљишног субстрата, неадекватно заливање и третирање раствором минералног ђубрива су основни елементи који утичу на развој биљних врста и њихов опстанак у вегетационом зиду.

Биљна структура је састављена од 80 – 90% воде, уз чију помоћ је биљкама обезбеђена потребна доступност хранљивих материја. Недостатак воде или претерана количина воде доводи природног премећаја унутар структуре биљке и до њеног коначног одумирања. Биљни метаболизам је у директној вези са присуством воде у кореновом засаду и ваздушном окружењу биљке. Најчешће употребљаване биљне врсте користе корен биљке као основни покретачки орган капиларног кретања течноси и хранљивих материја до најситнијих делова биљке. Влажност ваздуха и водена пара која се налази у њој онемогућава исушивање надземних делова биљке и служи за њихово орошавање у периодима високе спољашње температуре. Количина воде детерминише спољни изглед биљног

расада. Неким биљним врстама потребна је мала количина воде за њихов опстанак, могу да издрже дуже сушне периоде, имају дебело и меснато ткиво са чврстим и сјајним листовима који служе као природни резервоар воде и хранљивих материја. Биљке које имају ситније, тање и нежније листове захтевају редовније заливање и заштиту од директног сунчевог зрачења.

Основна подела биљака које се употребљавају у вегетационим зидовима је на :

- Дрвенасте биљке и
- зељасте биљке.

Дрвенасте биљке су биљке које у нормалним спољашњим условма формирају чврсто стабло и лисна површина им је задебљана. Њихово одржавање у нашим климатским условима је олакшано, јер не захтевају превелике мере одржавања.

Зељасте биљке су биљне врсте без стабла и биљке које формирају групу танких стабљика. Њихово одржавање, нарочито у летњем периоду, изискује веће мере мониторинга у оквиру вегетационог зида.

Биљне врсте које се употребљавају за вегетационе зидове много више су изложене неповољним природним условима, недостатак природне светлости, претерао или недовољно заливање, претерано прегревање у односу на биљке које се налазе у свом природном станишту. Иако биљке имају своје механизме за одбрану од штетних спољних утицаја неопходно је у процесу одржавања, биљкама редовно додавати средства за заштиту. ”Како је све питање равнотеже у природи, не долази у обзир да се непријатељи биљака потпуно истребе, већ треба да се ограничи њихово деловање тако да они постану подношљиви. Задатак узгајивача је да биљку опреми, тако да може да се супротстави нападима, да је ослобођена штеточина или агенаса вектора обољења, и да се делује тако да не дође до нових напада и да други непријатељи не искористе пролазну слабост да би они прешли у акцију.

Под појмом штеточине подразумевамо врсте које нападају биљку и њоме се директно хране: инсекти, пауци, бубе, гусенице, глодари. Биљка реагује обојењем, мрљама на листовима или стабљици, некрозом, губљењем боје, кад је нападну патогена гљива, бактерија или вирус"[68].

У зависности од одабарног система формирања вегетационог зида врши се одабир биљног расада за њихову имплентацију. Код директних и посредних система када је биљни расад укорењен у земљу користе се биљке пузавице, јер је за формирање таквих структура вегетације потребно мало земљишног простора. Веома битно је употребити биљну врсту која је прилагодљива климатским променама, јер је она у директној вези са обликовном перцепцијом настале структуре. За формирање овг зида потребно је одређен временски период, јер естетика која се постиже на овај начин плод је одређене интеракције садног материјала и носеће конструкције и веома је течка квантативна евалуација са аспекта енергетских перфоманси таквог зида с обзиром на неуједначеност количине лисне површине.

Одабране биљне врсте се морају прилагодити ниским температурама током зиме, тако да је најбоље комбиновати биљке које брже и спорије расту. Жељени дизајн носеће подконструкције у знатној мери може утицати на одабир биљака за формирање вегетационог зида.

Биљке пузавице можемо поделити у:

- Листопадне пењачице,
- зимзелене пењачице.

Листопадне пењачице је таква врста биљака пузавица која одржава своју лисну масу само у времену вегетације. Погодна је за наше климатске услове, јер издржава годишње циклусе температурних променена, брзо и лако се развија и расте, није захтевна у процесу одржавања и мења лисну колоричност током вегетационог периода . Недостатак ових биљних врста је у томе што у зимском

[68] Према скрипти, Цвећарство 1. део, биљке за ентеријер, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд

периоду остају без лисног материјала тако да вегетациони зид у тим периодима губи своје обликовне карактеристике, а самим тим смањен је и њихов утицај на енергетске перформансе такве структуре.

Најзаступљеније врсте листопадних пењачица (Табела 6) у нашим климатским условима су:

- Лажна лозица (Parthenocissus sp.)
- Akebia Quinata,
- Bilderdykia Aubertii
- Bougainvillea Buttiana
- Buddleia Madagascariensis
- Camprisis Radicans
- Canarina Canariensis
- Clematis
- Rosa

Најчешће коришћена биљна врста листопадних пењачица у нашим климатским условима лажна лозица.

Лажна лозица (Parthenocissus sp.) је биљна врста која расте веома брзо, пењући се уз подлогу или додату конструкцију (Слика 69 а,б, 70 а,б). Карактеристична је промена боје лисне површине у јесен, када листови постају наранџасто – црвени. Сама пузавица је отпорна на високе и ниске температуре, биљне болести и штеточине које угрожавају биљке. Није неопходно претерано заливање и нема специјалних захтева по питању врсте подлоге у коју се сади.

Зимзелене пењачице је биљна врста пузавица која одржава лисну масу током целе године. Углавном су вишегодишње биљке. Ове пењачице не оштећују носиву зидну површину, али се може догодити оштећење омалтерисаних делова фасаде или оштећење фасадне боје.

а) б)





Слика 69. *Лажна лозица а) јесен б) пролеће* [*]

Назив биљке	***Bilderdykia Aubertii***	***Canarina Canariensis***	***Clematis***
Породица	Polygonum aubertii	Campanulaceae	Ranunculaceae
Опис	Полудрвенаста биљка,листови наизменични, срцолико - копљасти	Листови издужени у розете јасно зелене боје	Мека савитљива стабљика,листови јајасто - шиљасти
Размножавање	резницама	Дељењем	Полудрвенастим резницама
Тип земљишта	глинасто	пропусно	песковито
Заливање	умерено	обилно	обилно
фотографија			

Табела 6. Табеларни приказ листопадних пењачица са прегледом основних карактеристика[69]*[*]*

[69] Карактеристике преузете из књиге, Гуидо, М. Цвијеће у кући и врту, Графички завод Хрватске, Загреб 1983. Год и Шћепановић, И., Све у цвијећу, приручник о гајењу биљака, Младинска књига, Загреб 1980. Год.

а) б)



Слика 70. Вегетациони зид у Риму а)бујност биљака, б)детаљ [*]

Биљке су веома бујне и дуговечне. Биљке у почетку споро расту, а у каснијим годинама почињу нагло да расту и да се самостално учвршћују за подлогу до висине од 20 м. Најзаступљеније врсте зимзелених пузавица (Табела 7) у нашим климатским условима су:

- Бршљан (Hedera helix),
- Bignonia Capreolata,
- Distictis Buccinatoria
- Passiflora Coerulea

Најчешће коришћена биљна врста зимзелене пењачице у нашим климатским условима је бршљан. ***Бршљан (Hedera helix),*** је биљна врста из породице Araliaceae. ”Бршљан је врста пузавица која се припија уз тло или неки ослонац, помоћу бројних коренових изданака. Листови су кожасти, вишегодишњи, јаркозелене боје и нису назубљени:

Назив биљке	***Bignonia Capreolata***	***Distictis Buccinatoria***	***Passiflora Coerulea***
Породица	Bignoniaceae	Bignoniaceae	Passiflora
Опис	Чврсто стабло, листови састављени у парове, дугуљасти копљичасти	Листови зашиљени и глатки, кожасти са петељком и висећим гроздовима	Листови прстасти и дугих режњева
Размножавање	резницама	Полузељастом резницом	семеном
Тип земљишта	глинасто	песковито	глинасто
Заливање	обилно	често	умерено
фотографија			

Табела 7. Табеларни приказ зимзелених пењачица са прегледом основних карактеристика[70][*]

листови на плодним гранама су јајасто ромбоидни, а на неплодним су ишарани и подељени на три до пет троугаона режња".[71]Бршљан (Слика 71 а,б) спада у групу врло декоративних зимзелених пењачица који се ојављује у великом броју варијанти. Пењајуће својство ове врсте омогућен је korenovim изданцима који омогућавају лако пењање и прихватање за подлогу. Ова врста биљака није захтевна у погледу врсте земљишта, отпорна је на високе и на ниске температуре, не захтева преобилно заливање. За оптималан и брз развој бршљану погодују сеновита места или места у хладовини. Размножавају се ризницом.

[70] Карактеристике преузете из књиге, Гуидо, М. Цвијеће у кући и врту, Графички завод Хрватске, Загреб 1983. Год и Шћепановић, И., Све у цвијећу, приручник о гајењу биљака, Младинска књига, Загреб 1980. Год.

[71] Шћепановић, И., Све у цвијећу, приручник о гајењу биљака, Младинска књига, Загреб 1980. Год. Стр. 167.

а) б)



Слика 71. Бршљан а) детаљ, б) детаљ [*]

За правилан одабир биљних врста и њихову примену у реализацији вегетационих зидова неопходно је познавање локалних климатских специфичности као и специфичности одабраних биљних потреба.

3.2 Животни век вегетационих зидова

Вегетациони зидови захтевају максимални степен одржавања с обзиром на специфичности гајења биљака у оваквим срединама. Економска фактори у многоме ће дефинисати ниво одржавања засада и животни век вегетационог зида. Вегетациони зидови чији је биљни расад укорењен у земљу и који користе биљне врсте пузачице за формирање склопа мање су захтевне по питању одржавања, врсти земљишта и наводњавања водом и хранљивим материјама у односу на вегетационе зидове који настају применом модуларних система. Већина овако формираних вегетационих зидова захтевају периодичну проверу додате конструкције, како би се осигурао конструктивна стабилност система и перманентно орезивање биљака с обзиром на брзину раста. Ови зидови захтевају редовно наводњавање које не мора да буде аутоматизовано, а сам биљни мониторинг је периодичан. Ниво одржавања у директној вези је са обликовним очекивањима овако створене вегетационе структуре. Недостатак оваквог система

се пре свега огледа у немогућности тренутног формирања вегетационог зида и прказивања његових естетских вредности, већ је потребно одређено време да биљни расад порасте и да формира вегетациони зид (Слика 72 а,б).

а) б)





Слика 72. Приказ вегетационог зида у Риму а)просторна неуобичност, б) детаљ [*]

Животни век оваквих зидова је знатно већи у односу на животни век вегетационе зидове настале укорењем биљног расада у модуларне системе.

Вегетациони зидови настали укорењем биљног расада у модуларне системе захтевају много већи обим одржавања од претходно наведеног система. Ниво одржавања зависи од типа изабраног система и спољашњих климатских услова. За овакве системе потребно је прорачунати статичку стабилност зидне вегетационе масе због очекиваног додатог оптерећења на фасадни омотач. Избор биљних врста, одржавање и лоцирање структуре у односу на локалне климатске услове су најбитни фактор одрживости вегетационог зида. Према анализама неких аутора животни век оваквих вегетационих зидова је три до пет година уз перманентно одржавање система укључујући мониторинг самог зида. Уз свакодневно одржавање животни век се може повећати. Највећа предност оваквок начина формирања вегетационог зида је та што је естетика овакве структуре тренутно видна, може да се испројектује и може да се мења.

4 ПРОЈЕКТАНТСКИ ЗАХТЕВИ ЗА ВЕГЕТАЦИОНЕ ЗИДОВЕ

4.1 Просторно организациони аспект

Пројектантска жеља да се зеленилу осим једноставне логичке функционалности да суштински другачије значење у архитектонским објектима, омогућена је комплекснијим технолошким развојем таквих система. Почетна размишљања и технолошки ниво времена у коме су настали први вегетациони зидови био је ограничавајући реализације, у односу на оно што стоји на располагању данашњим ауторима. Данас технички аспекти реализације, а пре свега одржавања вегетационих зидова су врло често у сенци визуелних захтева (Слика 73) и креативних циљева.



Слика 73. Доминација визуелног захтева код вегетационог зида [*]

Пројектанти вегетационих зидова користећи сва доступна технолошка средства и пројектујући нова, стварају вегетационе зидове као нове мотиве окупљања, централне елементе архитектонских дела, користећи се принципима симетрије или асиметрије, елементима уређеног нереда. Коришћењем биљака, као материјала који се у ранијим ерама архитектуре нису користили за материјализацију и обликовање архитектонских објеката, стварајући нову архитектонску структуру, пркосећи законима природе и проширујући слободу свог креативног рада.

Вегетациони зидови се у простору појављују осим у основном функционалном облику и као елементи које носе уметничку апликацију, скулптурална креација у просторној архитектонској формацији архитектонских објекта. Вегетациони зидви попримају улогу уметничког платна, дајући ауторима нови медиј изражавања, а простору одређени облик скулптуралности. Употребом биљака у завршној обради, тешко се може говорити о материјализацијском богаству, већ о смисленом, занимљивом и сложеном скулптуралном карактеру вегетационог зида. У појединим случајевима вегетациони зидови се трансформишу у доминантни уметнички израз у простору у коме се налазе, захваљујући пројектантском истраживању потенцијала материјала од кога је израђен и нових структуралних система. Треба додати да појава вегетационих зидова у архитектури делом је настала из потребе људи за контактом, знањем и подстицајем.

4.2 Обликовни аспект

Вегетативни зидови имају своје обликовне вредности које су у директној корелацији са људском интеракцијом у сврху визуелне различитости у оквиру урбаног простора. Јан Гел тумачи пријатно место сваком погледу као ” Заједничку карактеристику свих активности по избору – да се дешавају једино када су спољни услови за застајање и кретање добри и када је пријатно бити у

неком амбијенту”.[72] Правилан однос према биљном свету у многоме дефинише изглед вегетативног зида услед промене годишњих доба и биљно прилагођавање на ове циклусе у умереним климатским условима. Ако вегетативни зид посматрамо као архитектонски елемент (Слика 74) који треба да достигне највиши ниво атрактивности кроз своју функцију и форму, онда се бинји свет мора прилагодити температурним разликама током године. Све ове промене могу у великој мери утицати на обликовну перцепцију вегетативног зида. Самим тим одрђени урбани простори доживљавају константну трансформацију. ”Трансформација стања одређене средине најпотпуније се може схватити у контексту његовог развоја. У том смислу, трансформација представља значајну или радикалну промену, проистеклу из неког претходног стања.”[73] Поједине биљне врсте споро расту и захтевају одређену технолошку условљеност за свој развој.



Слика 74. Вегетациони зид као архитектонски елемент [*]

[72] Гел, J., Живот међу зградама – коришћење јавног простора, Урбанистички завод Београда, Београд 2010. Стр.171.

[73] Ђокић, В., Урбана морфологија – град и градски простор, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд 2004., стр 287-288.

4.3 Функционални аспект

Фасадни омотач као основни елемент у идентификацији објекта, доминира у простору првенствено својом материјализацијом. Материјализација фасадног омотача је у непосредној вези са конструкцијом фасаде, материјалом од кога је израђен основни констуктивни систем, а све у функцији коначног визуелног идентитета објекта. Функционалне потребе јавних објеката, грађевинске норме дефинисане нормативним актима, архитектонске жеље пројектанта, конструктивна решења, познавање статичких и обликовних карактеристика, просторни комфор, међуутицај појединих архитектонских елемената у простору у коме се фасада налази, одређују форму[74] и дизајн вегетативног зида (Слика 75).

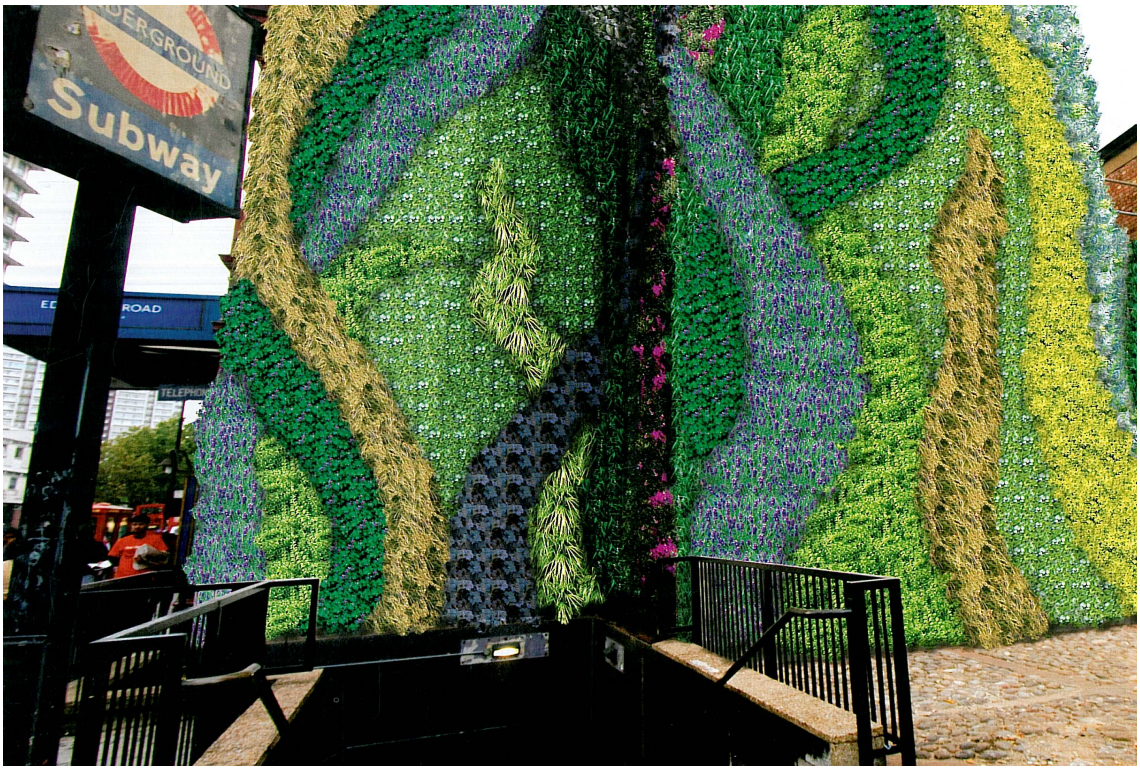


Слика 75. Приказ различитости вегетационог зида

[74] "Уметност даје форму, а само форма чини неко дело уметничким. Форма није нешто случајно, самовољно или небитно (као што она то није код кристала). Закони и конвекционалност форме су оваплоћење човекове власти над материјом; у њима је сачувано пренесено искуство и збринута два достигнућа; они су ред потребан за уметност и живот. Форма је у извесном мери такође условљена материјалима. ". Фишер, Е.: О потреби уметности, Минерва, Суботица-Београд, 1966. Стр. 169,170

4.4 Технолошки аспект

Развој технологије у великој мери детрминише динамику развоја и коришћења вегетативних зидова као изражајног средства у реализацији архитектонских објеката. Урбани простори данас умногоме доживљавају трансформацију захваљујући иновативним дизајнерским решењима који своју инспирацију траже у теоријским основама које карактеришу савремени свет. Типолошки посматрајући различите врсте објеката, а пре свега паркинг гараже, урбане улице (Слика 76) са понављајућим фасадама, транзитна складишта, малопродајни објекти пружају прилику да се уз помоћ вегетативних зидова оствари одређени обликовни напредак у простору, као и трансформација урбаног простора. Вегетативни зидови омогућавају стварање одређених имплементационих образаца, употребом биљних текстура као основног елемента изражавања. Напуштени, оронули или делимично срушени објекти су идеална места за постављање вегетативних зидова у сврху трансформације и подизања нивоа идентитета урбаног простора.



Слика 76. Вегетациони зид као елемент дизајна урбаног простора [*]

4.5 Економски аспект

Економски аспект употребе вегетационих зидова у формирању архитектонских склопова пре свега се односи на:

- Обим инвестиција – економичност конструкције и елемената биљног покривача
- Трајност и економска исплативост уграђених материјала и биљака, као и трошкове замене дотрајалих елемената
- Економска исплативост трошкова текућег одржавања.

Поједини бенефити вегетационих зидова се не могу валоризовати кроз економске класификације и економску исплативост већ се морају узети као део општег бенефита. То се пре свега односи на одређене пословне интересе, корпоративни имиџ и стратешке циљеве инвеститора. Општа еконоска анализа треба да покаже процену односа предвиђене добити и трошкова постављања система.

Економичност не зависи само од трошкова израде и одржавања вегетационих зидова него и од процењене уштеде енергије у летњем периоду за хлађење објекта. Економичност вегетационих зидова је у директној узрочно - последичној вези са економским концептом градње целог објекта.

Рационалност конструкције вегетационог зида дефинисана је општим економским критеријумима:

- ценом производње,
- ценом транспорта,
- ценом монтаже односно изградње,
- ценом одржавања.

Економичност производње и постављања вегетационог зида може се постићи повећањем степена индустријализације целокупног система или појединих њених саставних делова као и избором биљног расада. С обзиром на величину појединих

елемената склопа цена транспорта не би требало да у великој мери утиче на укупну цену прозвода. У појединим случајевима је неопходна употреба тешка механизација за транспорт и уградњу.

Економичност монтаже је условљена одабиром система,што ће дефинисати и време рада на градилишту, употребу механизције, грађевинског алата и стручне радне снаге. Економичност у одржавању односи се на економски исплативе трошкове одржавања конструктивних елемената склопа и биљног расада, прехрањивања биљака, система за заливање. Све то је у директној је вези са трајношћу материјала од кога су сви ови подсистеми израђени. На економичност у одржавању утиче, конструктивно решење и начин реализације појединих делова којим би требало да се у процесу експлатације омогуће брза и ефикасна замена услед дотрајалости. Трајност материјала од којих је изграђен вегетациони зид свакако је један од битних предуслова приликом одабира материјала за израду. У предвиђеном експлатционом веку, уграђени материјали не смеју да изгубе дефинисана својства на основу којих су изабрани за израду.

Трајност уграђених материјала условљена је:

- квалитетом основног производа постигнутом у процесу производње,
- правилним начином уградње и задовољењем основних техничких услова и прописа уградње,
- условима експлатације.

Животна средина као важан фактор општег бенефита је употребом вегетационог зида као елемента завршне обраде објекта остварила квалитативан добитак, јер се употребом вегетационог зида у значајној мери смањује загађење ваздуха и емисија CO_2 , смањује се замућеност атмосфере и количина смога у ваздуха, побољшава се квалитет ваздуха, смањује се негативну утицај урбаног развоја и повећава озелењена урбана површина, повећава се површина животног станишта инсеката и птица у градским срединама. Вредности ових бенефита су у сталном порасту. За реализацију вегетационих зидова употребљавају се материјали који се

могу рециклирати. Економски трендови, друштвени статус, културолошки ниво корисника, стилске карактеристике у архитектури, увек су имали велики утицај на архитектуру јавних објеката уопште, а самим тим и на елементе архитектуре.

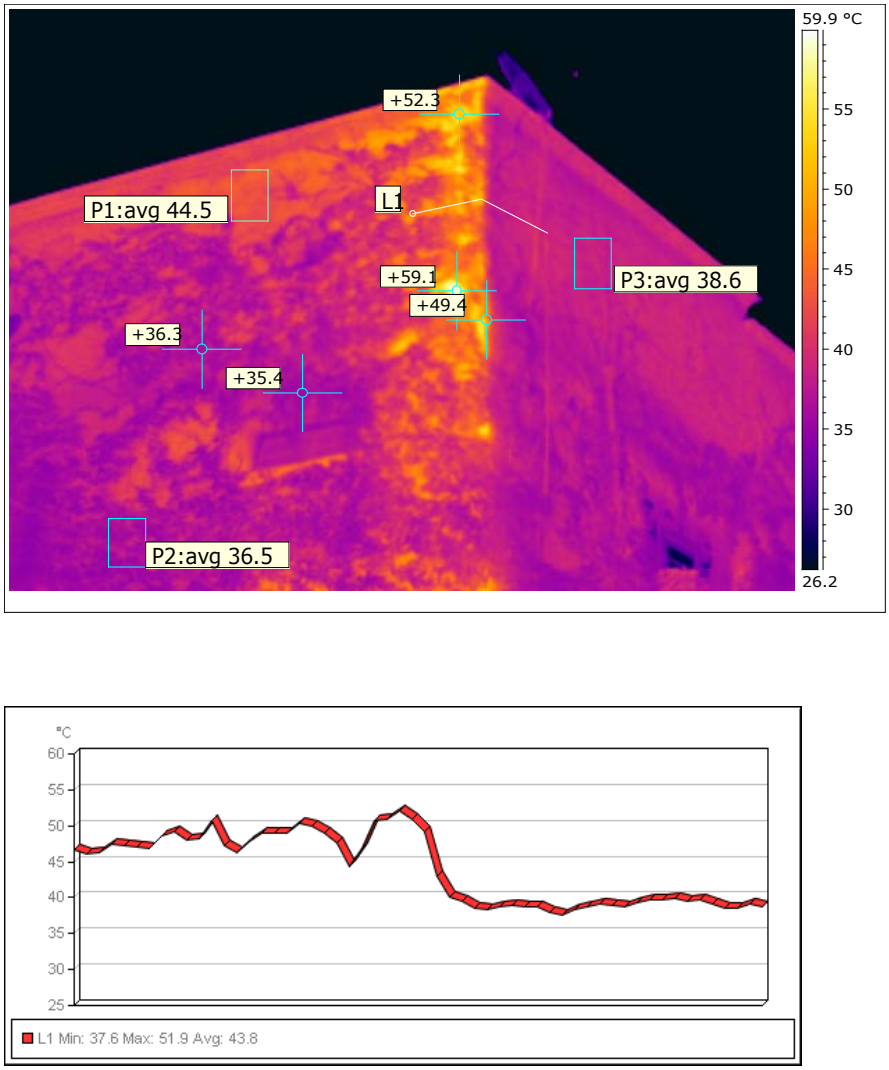
Економска исплативост трошкова текућег одржавања вегетационих зидова зависи од :

- места на ком се вегетациони зидови налазе у оквиру објекта,
- биљних врста употребљених у реализацији вегетационих зидова,
- одабраног технолошког система реализације структуре

Економичност не зависи само од трошкова израде и одржавања него и од намене вегетационог зида. Економичност вегетационог зида је у директној узрочно - последичној вези са економским концептом градње целог објекта.

4.6 Енергетски аспект

Одређена истраживања су показала да вегетациони зидови могу да играју веома важну улогу у процесу смањења топлотих губитака у зимском периоду и топлотних добитака у летњем периоду у објектима или зидовима на којима су имплементирани. Традиционални материјали за градњу објеката имају висок степен топлотне проводљивости. Анализе показују да вегетациони зидови смањују топлотно прегревање зидова у летњем периоду и на тај начин смањују количину укупне енерге потребне за хлађење објекта. Вегетациони зидови не акумулирају топлоту као зидови направљени од конвенционалних материјала (Слика 77). Истраживања су показала да вегетациони могу смањити топлотне губитке у зимском периоду, а самим тим и потребну енергију за загревање зграда. Доста је фактора који утичу на ниво смањења топлотних губитака и добитака у објектима употребом вегетационих зидова, али су сигурно најизраженија:
орјентација, структура вегетационог зида, количина лисне површине, дебљина лисног дела биљке, влажност земљишта.



Слика 77. Приказ видне температурне разлике делова објекта обраслог вегетацијом [*]

Енергетски потенцијал одређеног омотача архитектонског објекта одређен је структуром самог омотача, локацијским климатским условима и режимом коришћења објекта. Савремена технологија у архитектури ”*омогућује оптимално усклађивање особености географске средине (одлика рељефа, геолошка грађа и сеизмичност терена, подземних и површинских вода, вегетације и топоклиме – локалне климе) и криптоклиме*[75] *– вештачке климе у становима, радним и другим затвореним просторијама*”[76].

[75] Према Бруку и Евансу (1956.), Од грчких речи kryptos – скривен, потајан и klima – нагиб. Древни Грци су климатске разлике нагибом Сунчевих зракова према Земљиној површини. Клима м. Грч. 1.Просечно стање свих метеоролошких елемената (температуре, влажности, падавина и

5 КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕОГРАДА ЗНАЧАЈНЕ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈУ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА

5.1 Анализа климатских карактеристика београда

У овом поглављу анализирани су параметри и климатске карактеристике искључиво за подручје Београда, тј. Умерено континенталне климе. Разлог томе је што је истраживање ограничено на могућности примене вегетациониг зидова у климатским условима Београда.

Истраживање климатских карактеристика Београда имају за циљ да упореде утицајне вредности параметара који детерминишу климатске карактеристике Београда приликом пројектовања вегетационих зидова који су директно изложљни њиховим утицајем.

Истраживањем су обухваћени екстремни метеоролошки утицаји, њихово дневно колебање и једновременост дејства климатских фактора. Одређене специфичности климатских параметара за подручје Београда, од посебног значаја за реализацију вегетационих зидова, посебно су анализирани.

сл.) карактеристичних за један крај, земљу и др. У дужем временском периоду, поднебље: блага, континентална, тропска. 2. Фиг. Стање, прилике, атмосфера: политичка, у култури. Вујанић, М. И група аутора, Речник Српског језика, Матица српска, Нови Сад 2007. Стр. 540.

[76] Дукић, Д. Климатологија, Географски факултет Универзитета у Београду, Београд 2007. Стр. 351-352.

Према подацима Републичког хидрометеоролошког завода из Београда, Београд се налази на 44° 48' северне географске ширине и 20° 28' источне географске дужине, са просечном надморском висином од 132 м.[77] Климатске карактеристике Београда третирају се као скуп различитих микроклиматских услова и представљене су као део умерено континенталне климе са просечном средњом годишњом температуром од 11.9° C за период од 1961. – 1990. год али се он мења по годинама. Тако је рецимо просечна годишња температура за период 1981. – 2010.год 12.5° C.

5.1.1 Сунчево зрачење

Београдско климатско подручје одликује највећи инсолациони период од око 10 часова дневно у јулу и августу, док је највећа облачност у децембр у и јануару када дужина инсолације у просеку 2 до 2,3 сата. Просечна вредност директног Сунчевог зрачења је 80 w/m^2 . Може се закључити да је интензитет директног Сунчевог зрачења у централним деловима града мањи у односу на приградске зоне због замућености ваздуха и нивоа урбанизације.

5.1.2 Ваздушни притисак, влажност ваздуха

Просечан годишњи ваздушни притисак у Београду је 1000,9 mb. Ваздушни притисак се мења са променом температуре, а средња релативна влажност ваздуха је 69,5%. Месеци са најмање релативне влажности током године су јул и август са просечном влажношћу од 55 – 60 %, а месец са највећом влажношћу је децембар 80 – 85 %.

[77] www.hidmet.gov.rs

5.1.3 Струјање ваздуха

Анализа руже ветрова за Београдско подручје може се утврди да је он има облик карактеристичан за кошавско подручје. У београду су доминантни ветрови који дувају у правцу запад-северозапад и југоисток. Југоисточни ветар је ветар познат под именом кошава који доноси ведро и суво време. Најчешће дува у јесен и зиму. Поменути ветрови имају врло изражене варијације у зависности од топографије и карактера подлоге. Просечна брзина доминантног ветра кошаве у Београду је око 3 м/с, али у налетима ветар може да достигне много већи интензитет.

5.1.4 Температура ваздуха

Према Копеновој класификацији (Köppen – Geigerova klasifikacija, 1918.) која је базирана на статистички добијеним , тачно одређеним вредностима месечних и годишњих температура и падавина, важности годишњег хода климатских елемената и поштовања односа климе и вегетације (вегетација = природни метеоролошки инструмент)[78] клима Београда је умерено топла и влажна.

”*Руски специјалиста за грађевинску климатологију А.А. Гербурт – Гејбович у свом истраживању издвојо је ради прегледности анализе криптоклиматских услова на Земљиној површини седам различитих типова времена заступљених у седам климатских појасева – према климатској класификацији Б.П. Алисова, са четири карактеристична режима коришћења архитектонских објеката*” [79] . Према њиховим закључцима Београд спада у групу пет, криптоклиме у умереним климатским условима. Према њиховом тумачењу криптоклиматске одлуке ових подручја су израженост годишњих доба, велика циклонска активност, брза

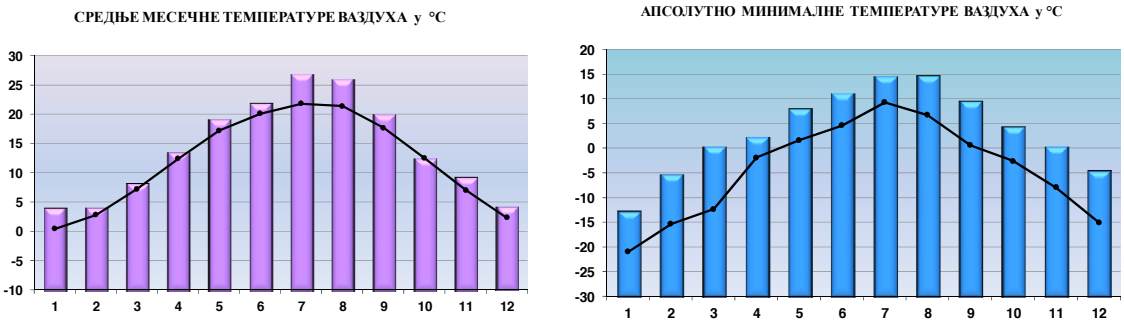
[78] http://www.unizd.hr

[79] Дукић, Д. Климатологија, Географски факултет Универзитета у Београду, Београд 2007. Стр. 355..

промена различитих типова времена. Из напред наведених разлога препоручују заштиту објеката од хладноће, ветра, кише и снега, јер период комфорног осећаја према топоклими траје од 3-5 месеци.

Поред свега наведеног климу Београда можемо третирати и као градску климу која по П.А. Крацеру и А.А.Лушчеву се разликује од климе у окружењу због повећане градње и урбанизације простора, велика количина различитих аеросола, смањење радијације и смањење трајања сунчевог сјаја, смањење брзине ветра, смањење влажности ваздуха у односу на околину, а количина падавина је већа због веће производње кондензационих језгара. Због тога П.А. Крацер назива градове ”камене пустиње и вулкани”.

а) б)



Слика 78. Температура у Београду у 2015. Год. а) средња месечна температура, б) апсолутно минимална температура ваздуха [118]

Поред многих заједничких карактеристика градске климе, свако урбано подручје има своје климатске специфичности које се према подацима из еколошког атласа Београда може поделити у три групе утицаја:

- утицај топографије (вертикални градијенти),
- утицај подлоге (реке, копно, вегетација),
- утицај структуре града (топлотно острво града).

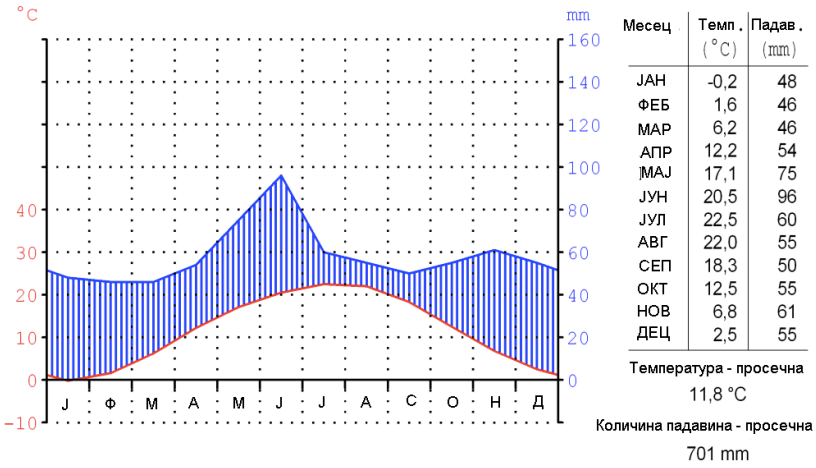
Анализом климатских параметар из података Републичког Хидрометеролошког завода закључује се да је Јануар најхладнији месец са просечном температуром од

0,1° C, а најтоплији месец у години је јули са просечном температуром од 23° C. (Слика 78). Лако се увиђа да између најхладнијег и најтоплијег месеца постоји значајна температурна разлика.

Даљом анализом закључује се да су месеци са високом просечном температуром јул и август, а месеци са мразним данима децембар, јануар и фебруар. Период јесени је дужи од пролећног дела са дужим сунчаним и топлим периодом. Пролеће је кратко и кишовито. Број дана са температуром вишом од 30° C у просеку је 31, а летњих дана са температуром вишом од 25° C је 95 у години.

5.1.5 Количина падавина

Падавине су метеролошки елемент чија је средња вредност уравнотежена и имају незнатне промене на малом географском растојању, а и величина од просечног годишњег нивоа падавина је варијабилан. Средња годишња количина падавина у Београду је 650 l/m^2 на изохипси 100 мм. Највише падавина има у мају и јуну месецу (Слика 79). Посматрајући Београд уочава се да количина падавина у њему достиже два максимума и два минимума. Просечан број дана са падавинама снега је 27, а дужина задржавања снежног покривача је 30 до 44 дана са дебљином снега од 14 до 25 цм.



Месец	Темп. (°C)	Падав. (mm)
ЈАН	-0,2	48
ФЕБ	1,6	46
МАР	6,2	46
АПР	12,2	54
МАЈ	17,1	75
ЈУН	20,5	96
ЈУЛ	22,5	60
АВГ	22,0	55
СЕП	18,3	50
ОКТ	12,5	55
НОВ	6,8	61
ДЕЦ	2,5	55

Температура - просечна
11,8 °C
Количина падавина - просечна
701 mm

Слика 79. Приказ количина падавина у Београду [118]

Клима Београда је карактеристична и по броју сушних периода, а односи се на најмање пет дана без падавина или минималном количином падавина. Највише сушних дана има у јулу, августу и септембру.

5.2 Анализа појаве топлотних острва у урбаној средини

Када се говори о температури и њеним одступањима, мора се анализирати појва топлотних острва, нарочито у централном градском подручју.

На појаву топлотних острва утичу:

- повећана емисија гасова
- антропогена емисија топлоте
- знатно повећање топлотног загревања фасадног омотача

Према истраживању Јовановић, С. и групе аутора у свом раду "*промене неких климатских параметара у урбаним срединама Републике Србије, они наводе да ефекат топлотног острвс повећава просечне ведности загревања, али да је удео антропогених фактора у овим променама веома тешко одредити. Они закључују да је утицај повећања апсорпције дуготаласног спектра сунчевог зрачења могуће доказати, а да се "удео производње и емитовања топлотне енергије која је примарни или секундарни производ великог броја људских активности не може се чак ни приближно прецизно одредити*."

Величина топлотног острва дефинисана је у односу на[80]:

- број и густину корисника на одређеном простору, узимајући у обзир да свако људско биће произведе од 50-100 W/h топлоте,
- број и стање аутомобила,

[80] Santamouris M., Energy and climate in the urban built environment, James & James, London 2001.

- топографија терена са уличном мрежом и саобраћајном матрицом
- енергетске карактеристике материјализације елемената фасадних омотача објеката, у односу на коефицијенте апсорпцију и рефлексивност омотача.

Као и у осталим урбаним срединама, ефекат топлотног острва је највећи у ноћном делу дана, а опада са повећањем брзине ветра и удаљености од централног градског језгра.

5.3 Климатске промене и њен утицај на промену климе у Београду

Истраживајући климатске промене и њихов утицај на планирање и пројектовање, Ђокић, В. и Лазовић З. уочавају да климатске промене вишеструко су појачане деловањем ”различитих друштвених, економских, политичких, цивилизацијских и културних чинилаца, као феномен који настаје када се различити независни климатски фактори суперпонирају са деловањем за које је одговоран савремени човек, који је и узроковао драстичне промене климе”[81].

Подручје града Београда према Јовановић С[82]. и групе аутора карактеристичне су две фазе пораста параметара средње вредности температуре, а односи се на доминантне утицаје на такву промену. Први утицај је утицај урбане компоненте, док је други утицај последица глобалног загревања. Први утицај, урбаног ефекта је достигао свој максимум тако да се у наредном периоду не очекује његова номенклатурна промена. Према неким истраживањима температура у Београда у наредном периоду ће расти, а у складу са досадашњим трендом, због напред наведених утицаја

[81] Ђокић, В., Лазовић З. Утицај климатских промена на планирање и пројектовање: смернице и препоруке, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд 2014., стр 7.

[82] Јовановић С., Савић С., Деспотовић М., Промене неких климатских параметара у урбаним срединама Републике Србије

6 МОДЕЛИ СКЛОПОВА ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА ОМОТАЧА ОБЈЕКАТА У БЕОГРАДУ

На основу наведених чињеница у претходним поглављима и на основу потребе за испитивањем нових модела модуларних елемената вегетационих зидова у специфичним климатским условима Београда наставак истраживања је фокусиран на формирању хипотетичких и практичних модела вегетационих зидова. Модуларни фасадни елементи су изабрани за даља истраживања, зато што се користећи овакав начин формирања вегетационих зидова може на најадекватнији начин показати утицај технологије у процесима реализације вегетационих зидова, обликовне промене и утицај на енергетске преформансе фасадног омотача.

У разматрања су узета три модела модуларних зидова:

- Модуларни систем са перфорираним кутијама
- Модуларни систем са платненом подлогом
- Кутијасти систем са обједињеним садним елементима

Приликом дефинисања[83] одабраних модела утврђивани су најзначајнији фактори утицаја на формирање склопова, а пре свега фактори који утичу на обликовне и енергетске карактеристике модела.

[83] *Дефинисати*, - ишем, (дефинирати, - инирам) свр. И несвр. Да (ва) ти дефиницију неког појма, одредити, одређивати значење нечега. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр.273.

6.1 Дефинисање модела

Одређивање и дефинисање модела модуларног вегетационог зида ради се у циљу постизања оптималних вредности енергетских и облоковних карактеристика, који ће у каснијим анализама бити примењени на изабраном референтном објекту у циљу смањења потреба за хлађењем у летњем временском периоду. Оптимизација се пре свега односи на смањење потребне количине енергије за хлађење. Наше законодавство нема захтеве за термичким карактеристикама објектима у летњем периоду када су евиденти топлотни добици на објектима.

Предложени модели су изабрани због:

- Изражене потребе за технолошким и обликовним формулисањем адекватних модуларних компоненти вегетационих зидова за наше климатске услове.
- Истраживање модела који омогућавају реализацију обликовне препознатљивости и инвентивности у реализацији вегетационих зидова.
- Анализе специфичности ових модела изражени у конструктивним, обликовним и енергетским аспектима.
- Утврђеног одсуства примене оваквих модела у реализацији вегетационих зидова у Београду.

6.1.1 Хипотетички модел

Вегетациони зидови су специфични елементи архитектонског обликовања фасадних омотача. Због своје изражене специфичности вегетациони зидови формирају посебне микроклиматске ефекте у свом окружењу који утичу на укупан енергетски биланс омотач. Ова специфичност је, за разлику од других врста омотача, зависна од орјентације и места постављања вегетационог зида, димензија, конструктивног склопа, врста и величине изабраних биљака и густине засада биљака.

У енергетском смислу вегетациони зидови би требали да представљају једну врсту изолацијског материјала који би требао да успори пренос топлоте између спољашњих и унутрашњих делова омотача објекта, а самим тим да ублаже утицај температурних разлика понашајући се као температурни регулатор.

За разлику од конвенционалних материјала за материјализацију фасада, вегетациони зидови не апсорбују примљено сунчево зрачење. Сунчево зрачење које пада на лисну површину вегетационих зидова делом се рефлектује, део се користи за фотосинтезу, део се користи у процесу евапотранспирације и мањи део долази до носивог дела фасадног омотача.

Осим овога биљна структура утиче на смањење количине ултравиолентног зрачења на остале делове фасадног омотача, понашајући се као елемент засене (Слика 80).



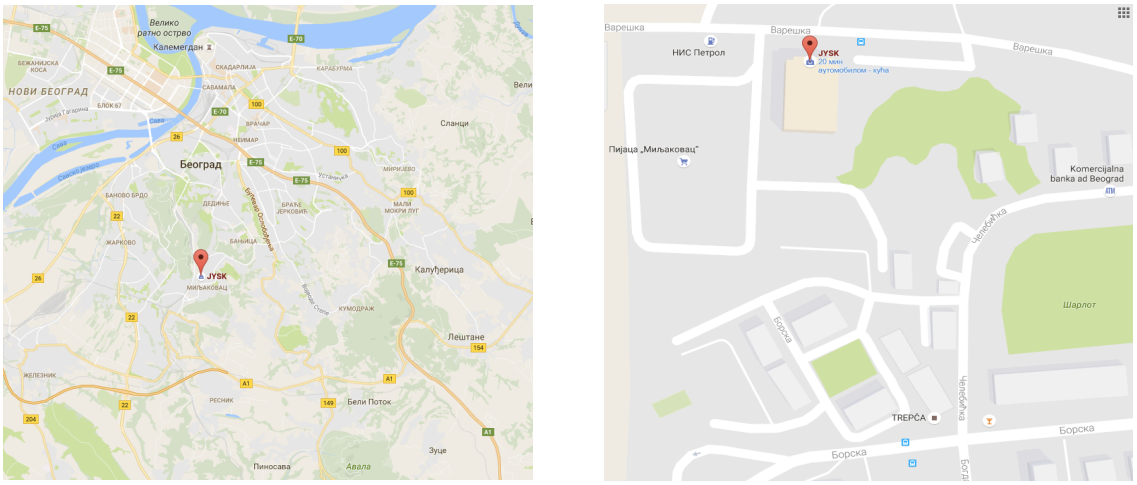
Слика 80. Вегетациони зид као елемент засене фасадног омотача [*]

Хипотетички модел треба да увид у енергетске потенцијале вегетационих зидова у Београдским климатским условима. Оптимизација референтно одабраног модела требало би резултује редукцију потребне енергије за хлађење објекта у летњем режиму коришћења.

Истраживање овог модела обухвата:

- Положајну анализу објекта у односу на стране света,
- Обликовну анализу објекта,
- Термичку анализу постојећег фасадног омотача,
- Анализу потребне енергије за хлађење објекта, постојеће стање,
- Анализу оптимизације фасадног омотача аплицирањем вегетационог зида
- Упоредну анализу добијених резултата

а) б)



Слика 81. Варешка улица у Београду а) положај улице у односу на референтне улице у Београду, б) положај референтног објекта у односу на ул. Варешку и околне објекте [118]

Као референтни модел за ово истраживање изабран је објекат робне куће у Варешкој улици у Београду (Слика 81). Овај објекат је изабран зато што он својим положајем, геометријом, функционалним карактеристикама задовољава критеријуме енергетске оптимизације.

Предложени објекат и спроведене анализе требају да дају одговоре на следећа питања:

- Да ли је могуће обликовно унапређење објекате у Београдским климатским условима применом вегетационих зидова
- Да ли вегетациони зидови имају енергетске потенцијале у процесу оптимизације објеката у Београдским климатским условима
- Да ли објекат грађен у прошлом веку може у датом урбаном простору да добије визуелну доминантност применом вегетационог зида

Робна кућа у Варешкој улици представља централни административни простор Београдског насеља Миљаковац. Она се нализи у зони главне саобраћајног правца овог дела Београда и када је направљена седамдесетих година прошлог века имала је огроман значај за развој овог дела града.



Слика 82. Робна кућа у Варешкој улици у Београду [*]

Главни улаз у објекат је са приступног платоа који се налази на нивоу изнад саобраћајнице. Објекат је слободностојећи у простору. Око самог објекта у

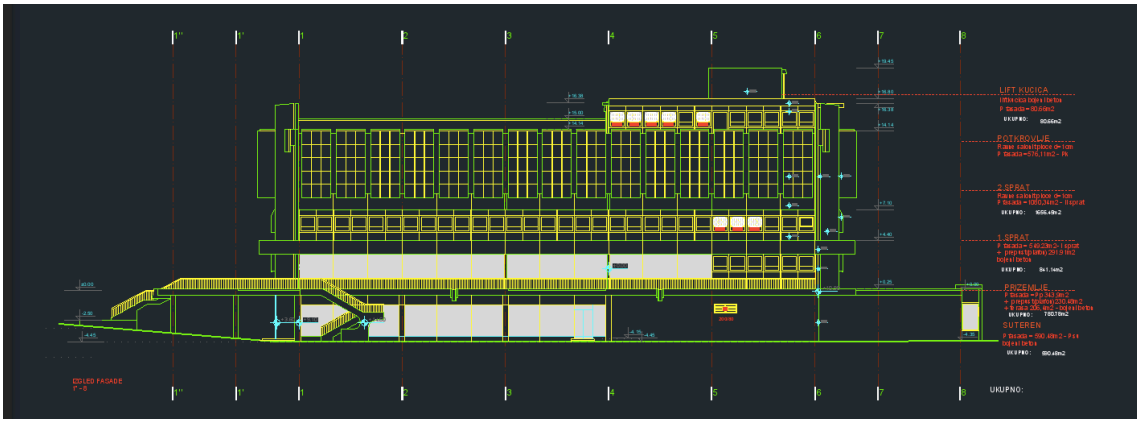
ближој околини нема изграђене структуре која би утицала на енергетску оптимизацију. Конструктивни систем је у правоугаоном растеру. Величина основе је 45 х 27 м, спратности По+П+2 спрата укупне висине објекта 16.80 м. Објекат је симетричан у оба правца. Фасада је ортогонлна, префабрикована, са геометризованом поделом елемената. Издужене фасаде имају источну и западну орјентацију (Слика 82, 83). Објекат је послован, продајни простор, без унутрашњих преграда. Стакле површине заступљене су у приземном делу објекта. Укупна површина објекта је 7274,68 м^2 (Слика 84, 85, 86, 87, 88, 89) .



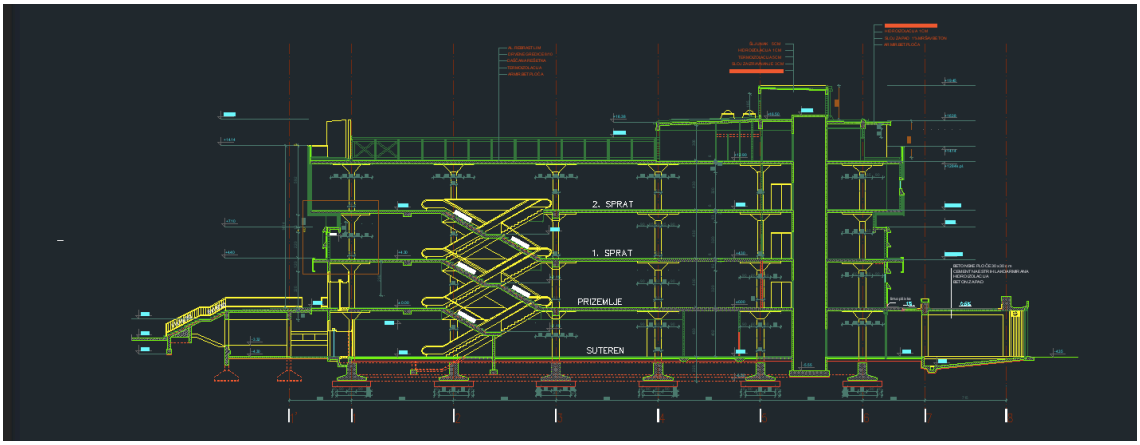
Слика 83. Робна кућа у Варешкој улици, западна фасада [*]

Потенцијални корисници овог објекта су:

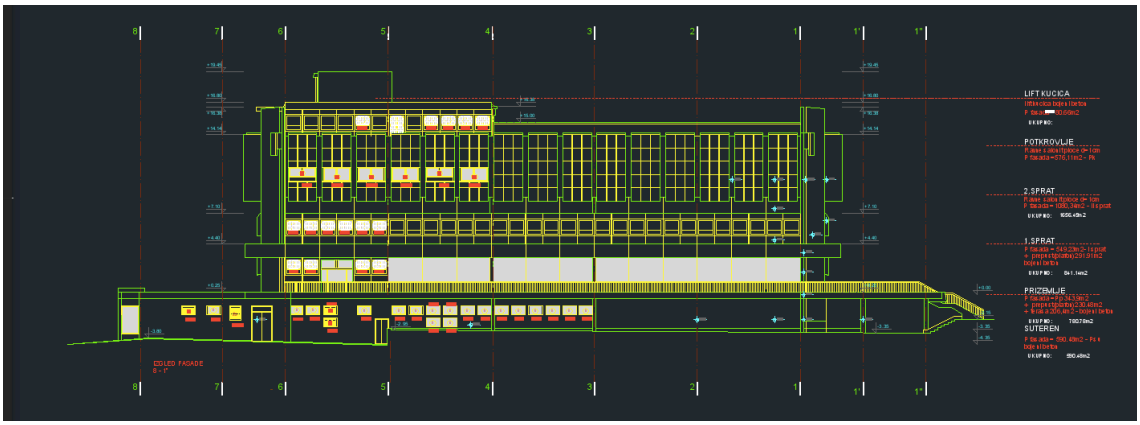
- становници настањени у непосредној околини,
- посетиоци који у све већем броју посећују предметни објекат због промене начина трговине у њему у односу на првобитан облик организације комерцијалних садржаја,
- запослени радници.



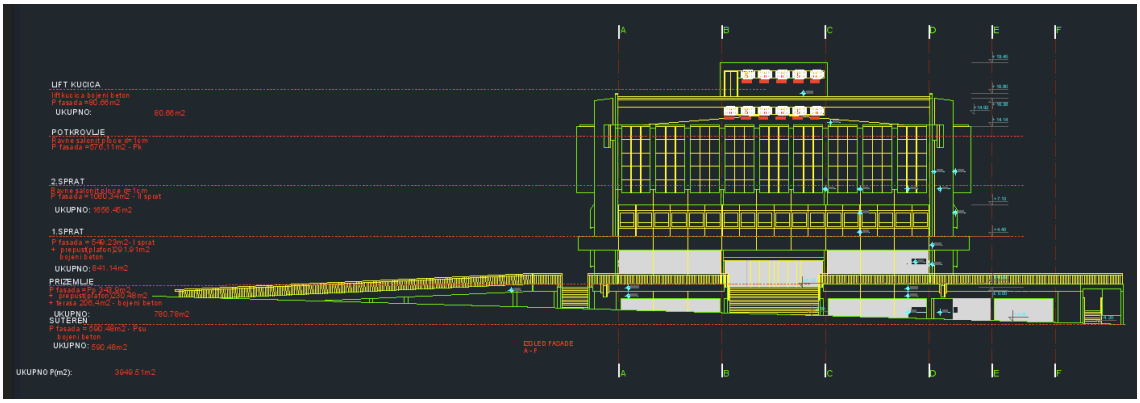
Слика 84. Западна фасада објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*]



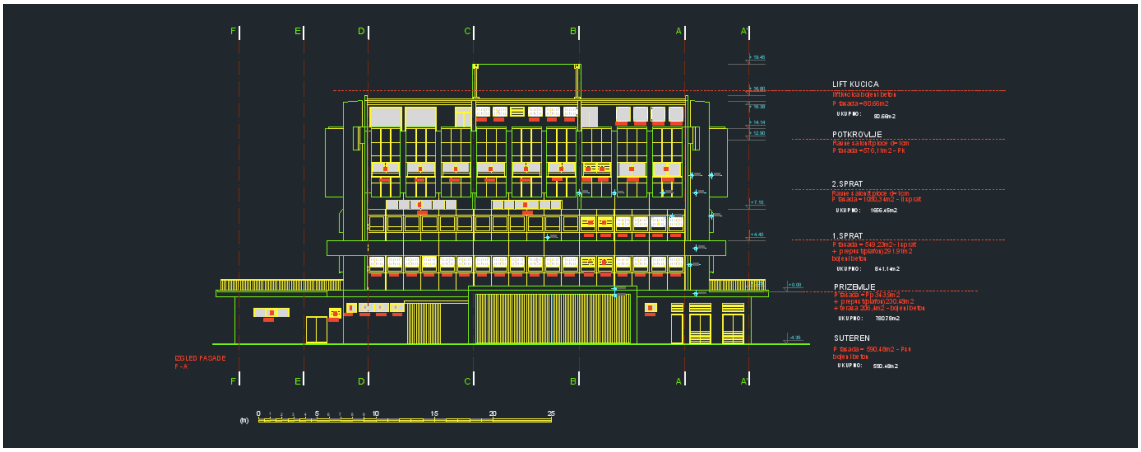
Слика 85. Подужни пресек објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*]



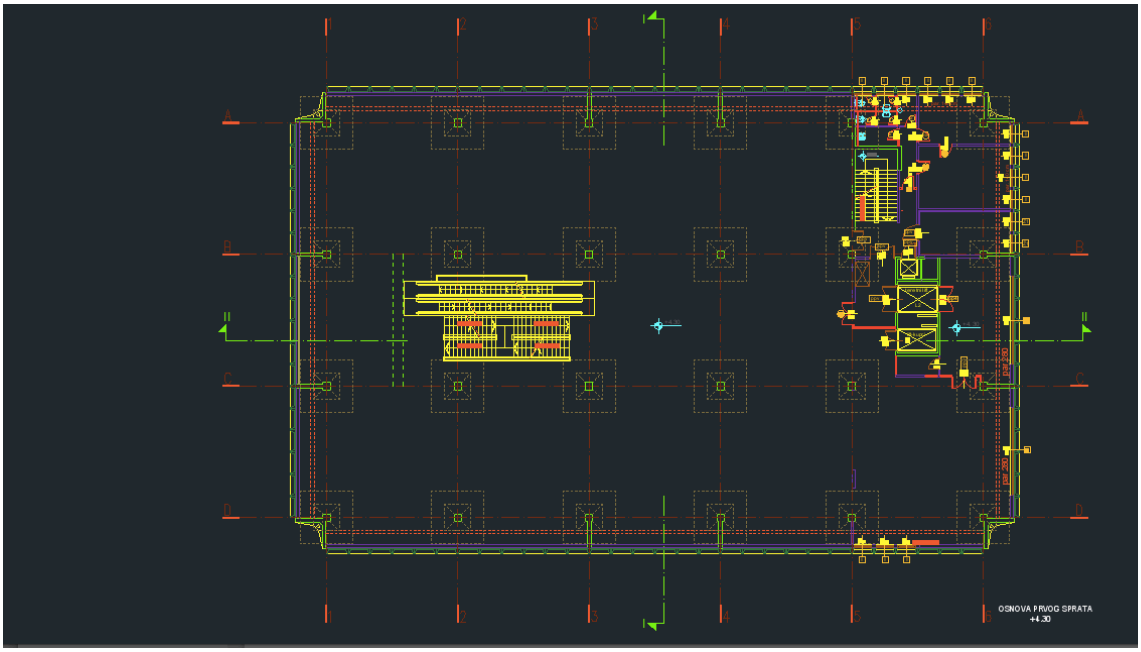
Слика 86. Источна фасад објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*]



Слика 87. Северна фасада објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*]



Слика 88. Јужна фасада објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*]



Слика 89. Основа првог спрата објекта робне куће у Варешкој улици у Београду [*]

6.1.2 Практични модели

У циљу практичног разумевања и утврђивања одређених перформанси изабраних модела, њихових карактеристика и претпостављених потенцијала рад на изради практичних модела и њихово испитивање обухватало је следеће:

- Формулисање геометрије и величине изабраних модуларних модела
- Конструисање и израда модела са дефинисањем потребних конструктивних елемената и материјализације модела
- Експериментално формирање склопа вегетационог зида
- Прикупљање и анализа климатских података за временске интервале у којима је вршено практично мерење на моделу вегетационог зида
- Практично мерење контактних температурних вредности постојећег фасадног зида, конструктивних елемената вегетационог зида и унутрашње температуре фасадног омотача, са и без апликације вегетације
- Анализа и тумачење измерених података и вредности добијених резултата.

Основ за анализу и утврђивање параметара фасадног склопа огледа се у прикупљању адекватних климатских параметара и техничких карактеристика постављеног модела вегетационог зида према Игњатовић, Д. (2015) је прецизно регистровање следећих утицајних фактора: ”*емисивност површине, температура ваздуха, влажност ваздуха, интензивност и правац ветра, интензитет сунчевог зрачења и временско трајање осунчаности, интензитет зрачења окружења, интензитет зрачења небеске сфере, геометрија фактора зрачења, локални извори зрачења, постојање и временско трајање кише*.”[84]

Код дефинисања типова модуларних елемената вегетационог зида третирани су изабрани фактори који у највећој мери утичу на енергетске перформансе самог елемента, а који у даљој анализи могу утицати на технолошке карактеристике и

[84] Игњатовић, Д., докторска дисертација, Оцена енергетских перформанси омотача стамбених зграда методом термовизијског снимања, Универзитет у Београду – Архитектонски факултет, Београд 2015.год. стр. 119.

пројектантска унапређења модела. Сами критеријуми постављања вегетационог зида који се анализира дефинисани су у односу на постојећи фасадни омотач, чији је склоп идентичан склопу референтног модела и његове орјентације у простору.

Модел М1	Модуларни систем са перфорираним кутијама	
Модел М2	Модуларни систем са платненом подлогом	
Модел М3	Кутијасти систем са обједињеним садним елементима	

Табела 8. Табеларни приказ модуларних вегетационих елемената изабраних за анализу [*]



Слика 90. Приказ формиране конструкције практичног вегетационог зида применом изабраних модуларних модела М1, М2, М3 [*]

У сврху практичних мерења и анализе добијених резултата изабран је компактан објекат, без фасадних отвора, уз постављање вегетационог зида на источну, јужну

и западну страну објекта. За потребе експерименталног истраживања дефинисана су тре практична модуларна модела (Табела 8) за формирања вегетационог зида у Београдским климатским условима (Слика 90). Практични модели су дефимисани као модели М1, М2, М3.

Модел М1: Модуларни систем са перфорираним кутијама. Први модулерни модела за анализу представља кутијасти модел са кружном перфорацијом чеоног дела елемента. Сам модел је димензија 60x60 цм. (Слика 67, 69).

а) б) в)



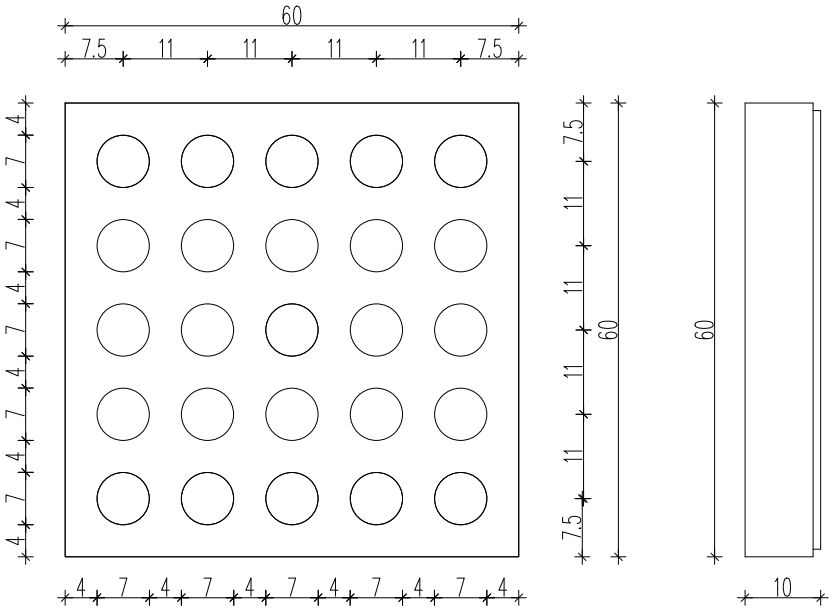
Слика 91. Приказ макете модела М1 а) изглед макете, б) аксонометрија, в) поглед одоз. [*]

Израђен од водоотпорног шпера дебљине 1цм. (Слика 92). Овакав модел је идеалан за садњу вегетације са малим кореном. Дебљина кутије је 10 цм у оквиру које се налази стаклена вуна дебљине 8 цм. Овај начин формирања модула пружа најоптималнију начин садње и обликовања модела вегетацијом. Ритам кружних отвора за сађење биљног расада је симетричан. Тежина елемента пре засађивања биљака је 9,618 кг., а тежина засађеног елемента 21,043 кг.

а) б) в)



Слика 92. Приказ процеса формирања модела а) бушење рупа б) обележавање, в) изглед перфориране чеоне плоче М1[*].


60
7.5
11
11
11
11
7.5
4
7
4
7
4
7

а) б)



Слика 94. Приказ формираног модела М1 а) модуларни панел формиран уз помоћ једне биљне врсте, б) модуларни панел формиран уз помоћ различитих биљних врста [*]

Неопходно га је скинути, извршити поправку садног материјала у хоризонталном положају и тек тако формиран модел вратити на предвиђено место у вегетационом зиду.

Модел М2. Модуларни систем са платненом подлогом. Други модулерни модела за анализу представља кутијасти модел са платненом подлогом чеоног дела елемента. Модел је димензија 60х60 цм. (Слика 95 а,б). Оваква материјализација модула се најчешће у реализованим вегетационим зидовима француског ботаничара Патрика Бланка.

Основни корпус модела израђен од водоотпорног шпера дебљине 1цм. а платнена подлога од трослојног тапетарског филца. Овакав модел је идеалан за садњу вегетације са већим кореном (Слика 96 а,б,в). Место за садњу стваран је засецањем два слоја филца[85] и формирањем ”џепа”. Дебљина кутије је 10 цм у оквиру које се налази стаклена вуна дебљине 8 цм. Овај начин формирања модула

[85] *Филц* – м. Нем. Чврсто сукно, обично од зечје длаке, које служе за израду шешира и др., пуст. Вујанић М., са сарадницима, Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007. Стр. 1439.

пружа оптималан начин садње вегетације. Ритам ”џепова” се формира по потреби садње у зависности од величине биљке. Тежина елемента пре засађивања биљака је 9,310 кг., а тежина засађеног елемента 20,540 кг.

а) б)

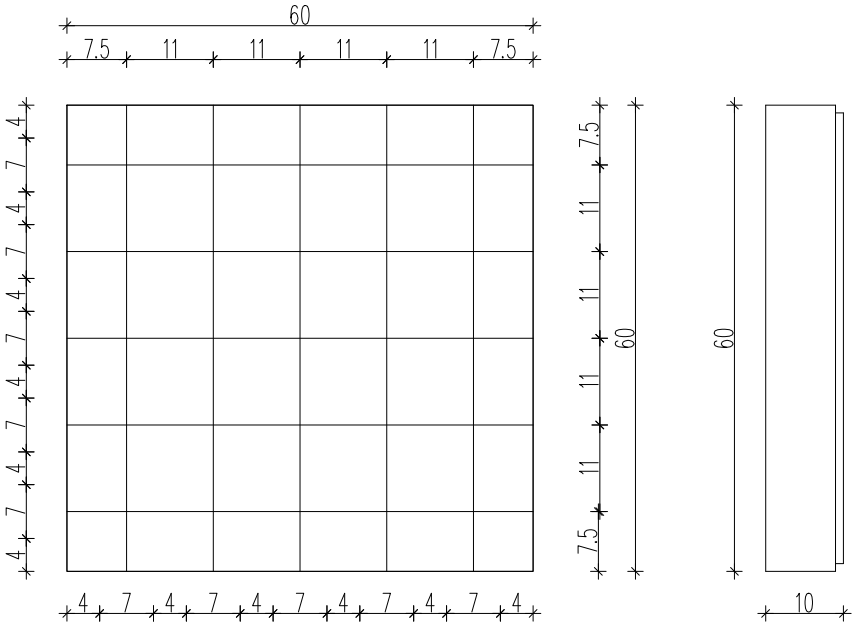


Слика 95. Приказ озелењеног модела М2, а) практични модел у раној фази озелењавања, б) приказ формираног ”џепа” за садњу биљака [*]

а) б) в)



Слика 96. Приказ процеса формирања модела М2. а) израда основне кутије, б) постављање термоизолације, в) постављање платна [*]


60
7.5
11
11
11
11
7.5
4
7
4
7
4
7

а) б)



Слика 98. Приказ формираног модела М2 а) склоп, б) детаљ постављања система за аутоматско заливање. [*]

Овај модел за разлику од модела М1, је слојевит панел,[87] омогућава сађење биљака у положају у ком се модел налази у већ формираном зиду (Слика 99). Није неопходно га је скинути да би се извршила поправка садног материјала већ се то може да уради на предвиђеном место у вегетационом зиду.

Модел М3. Модуларни систем са обједињеним садним елементом. Трећи модулерни модела за анализу представља кутијасти модел са обједињеним садним елементом. Модел је димензија 60х60 цм. (Слика 100, 101). Садња биљака у оваквим елементима је најсличнија садњи у саксијама.

---

[87] *Слојевити панели*, зависно од конфигурације склопа и примењених материјала, могу бити префабриковани тако да су:

- сви слојеви формирани у једном технолошком поступку – јединствено префабриковани
- поједини слојеви одвојено формирани у различитим технолошким поступцима, па се спајају у једну компоненту на градилишту или у погону .

Тиме се значајно повећава флексибилност у погледу разноврсности материјализације фасадних компоненти. Крстић – Фурунџић, А. Разноврсност материјализације архитектонских структура, Универзитет у Београду – Архитектонски факултет, Београд 2003.год. стр. 12.

а) б)



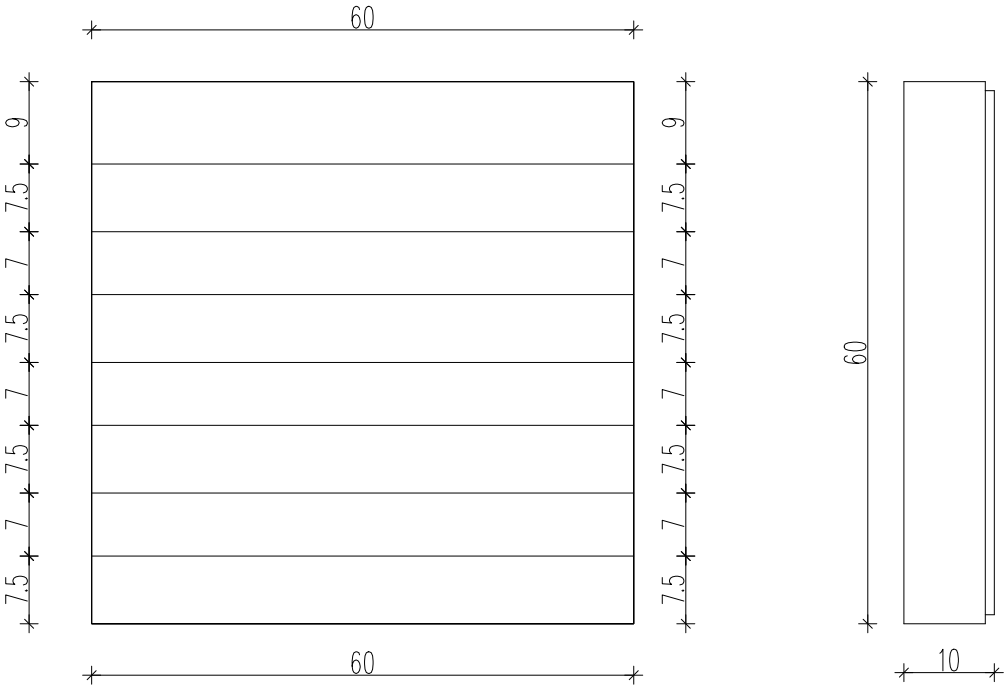
Слика 99. Приказ озелењеног модела М2, а) детаљ, б) детаљ [*]

Основни корпус модела израђен од водоотпорног шпера дебљине 1цм. са перфорираним елементима за садњу. Овакав модел је идеалан за садњу вегетације са већим кореном. Дебљина кутије је 10 цм у оквиру које се не налази стаклена вуна. Овај начин формирања модула пружа веома лак и једноставан начин садње вегетације. Биљке се саде у редовима по потреби садње и у зависности од величине биљке. Тежина елемента пре засађивања биљака је 9,164 кг., а тежина засађеног елемента 20,743 кг.

а) б) в)



Слика 100. Приказ процеса формирања модела М2. а) израда основне кутије, б) детаљ везе, в)спајање [*]



Слика 101. Димензије модела М3. [*]

За садњу у овом моделу предвиђено је укупно 22 биљаке (Слика 102). Модел М3 обезбеђује лако одржавање, омогућена је рециклажа, лако се уграђује, брза је производња. Спојеви саставних елеменату су прављени уз помоћ шрафова.

а) б)



Слика 102. Приказ формираног модела М3 а) постављање на подконструкцију, б) озелењавање [*].

Овај модел за разлику од модела М1 омогућава сађење биљака у положају у ком се модел налази у већ формираном зиду. Није неопходно да се скине да би се извршила поправка садног материјала већ се то може да уради на предвиђеном место у вегетационом зиду. За контролу цеђења вишка воде приликом поливања остављен је довољан број отвора – рупа са доње стране модела.

6.2 Упоредне карактеристике изабраних практичних модела

За потребе истраживања дефинисани су и израђени практични модели модула вегетационих зидова како би се извршила одређена мерења. Сва три модела имају исте физичке карактеристике, а то се пре свега односи на њихову димензију (Слика 103) . Изабрана димензија 60x60 см представља основни пројектантски модул. Материјал од кога су направљени модели, основни корпус, је водоотпорна шпер плоча дебљине 1 цм. Дебљина модуларне кутије је 10 цм. Начин качења за подконструкцију је идентичан, тако да омогућава комбинаторику постављања унутар вегетационог зида, у зависности од естетских захтева, величине биљака, броја биљака.

а) б)



Слика 103. Модуларна величина изабраних модела М1, М2, М3 а) М1, б) М2 [*]

Ако упоредимо монтажно демнотажне карактеристике (Слика 104 а,б) увиђа се да модели имаје подједнако исто вредновану карактеристику. Резултат тога је напред наведена истоветност ослањања модела на подконструкцију. Универзалност ослањања омогућила је разноврсност диспозиције модула унутар структуре вегетационог зида.

Разматрајући карактеристику лакоће и брзине садње биљака показало се да најоптималнији начин који не изискује никакве процедуралне, одређени редослед радњи, приликом садње даје модел М3, а да је за садњу биљака модел М1 има одређених недостатака.

Што се тиче одржавања модел М2 показује све предности овог склопа, док исти тај модел у анализи карактеристике могућности замене не даје довољно добре карактеристике с обзиром на технологију израде модела и начина сађења биљака.

а) б)



Слика 104. Приказ универзалног начина качења модула М1, М2, М3 а) постављање елемента за качење панела б)панел постављен на подконструкцију [*]

Анализа аспекта и карактеристике (Табела 9) дуговечности показује да модел М3 показује најбоље резултате, док модел М2, због употребе памучних материја, који имају свој период трајања у односу на цикличну променљивост сушења и квашења показује најслабије резултате.

Сва три модела имају у основи квадратан облик, они су део фасаде префабрикованог склопа[88] који у зависности од система сађења биљака и неоходне подконструкције за постављање специфичних елемената за њихову реализацију, модел М3 изискује најмање времена за своју производњу.

карактеристике	М1 / Модуларни систем са перфорираним кутијама	М2 / Модуларни систем са платненом подлогом	М3 / Кутијасти систем са обједињеним садним елементима
монтажа/демонтажа	+	+	+
садња биљака	−	±	+
одржавање	±	+	−
могућност замене	+	−	±
оцедност воде	±	+	+
тежина засађеног модула	+	+	+
време потребно за израду модела	±	±	+
употреба рециклажних материјала	+	+	+
дуговечност	±	−	+

Табела 9. Приказ основних карактеристика изабраних модела модуларног система вегетационог зида [*]

[88] *Фасаде префабрикованог склопа* се формирају од унапред израђених панела (компоненте вишег реда – комплексне компоненте), реализованих у серији у погону и које се не градилишту постављају на своје место и повезују (монтирају) по индустријским методама. Могу бити тешког – масивног префабрикованог склопа када се за њихову производњу користе бетон или опекарски производи и лаког склопа када се за производњу користе дрво, метал и синтетичке материје. Крстић – Фурунџић, А. Разноврсност материјализације архитектонских структура, Универзитет у Београду – Архитектонски факултет, Београд 2003.год. стр. 7

6.3 Конструктивне карактеристике практичног модела

За потребе анализе конструктивних карактеристика практичног модела узет је Модел М1 Модуларни систем са перфорираним кутијама, зато што су претходне анализе показале да је тежина такавог елемента највећа у поређењу са остала два модела. Највећа измерена тежина засађеног модула је Модел М1 са измерених 21,043 кг. док остала два модела имају мању измерену тежину (Табела 10, Графикон 1, Слика 105).

Панел са подлогом за биљке је димензија a×h×d = 600 × 600 × 100 mm

где је:

a - ширина елемента

h - висина елемента

d - дебљина елемента

Измерена тежина елемента са подлогом и биљкама је N = 0.21 kN.

Модел	Назив модела	Тежина незасађеног модула (кг)	Тежина засађеног модула (кг)
Модел М1	Модуларни систем са перфорираним кутијама	9.618	21.043
Модел М2	Модуларни систем са платненом подлогом	9.310	20.540
Модел М3	Кутијасти систем са обједињеним садним елементима	9.164	20.743

Табела 10. Табеларни приказ измерених тежина модула М1, М2, М3[*]

Прорачун тежине фасадних панела са зеленом фасадом окачених на постојећи зид:

Одређивање сопствене тежине фасадног панела са зеленом фасадом:

$$g = \frac{N}{P}$$

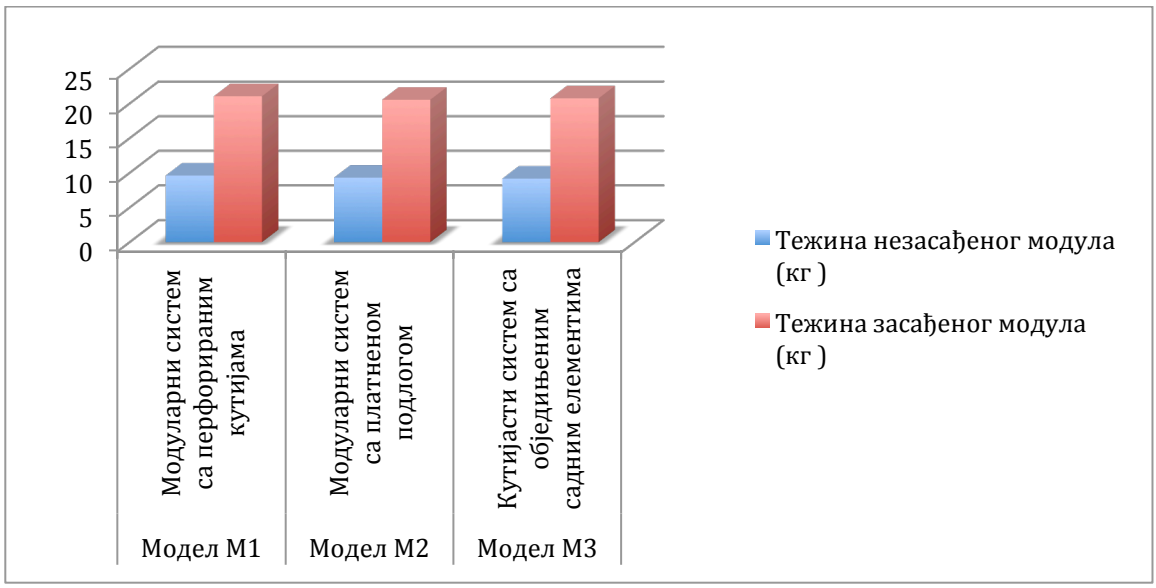
где је:

g - равномерно подељено оптерећење од фасадне облоге са зеленом фасадом (вертикална пројекција),

N - измерена тежина елемента са зеленом фасадом са биљкама и подлогом,

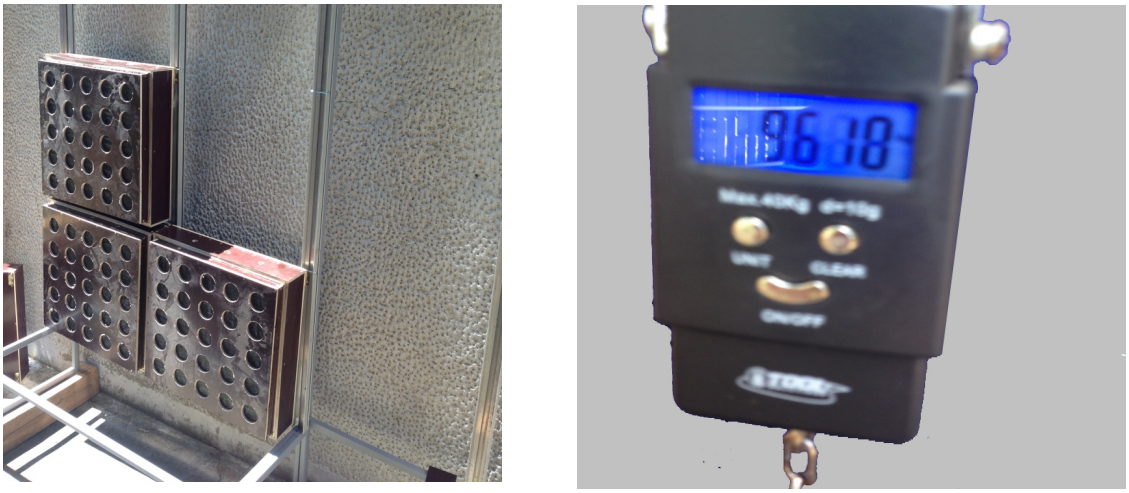
P - површина елемента (вертикална пројекција површине елемента),

$$g = \frac{N}{P} = \frac{0.21}{0.60 \times 0.60} = 0.58 \frac{kN}{m^2}$$



Графикон 1. Графички приказ односа тежина незасађених и засађених модула модела [*]

а) б)



Слика 105. Елементи вегетационог зида а)постављање на потконструкцију, б) мерење тежине модула М1 [*]

6.3.1 Тежина потконструкције

Анализа сопствене тежине челичне потконструкције (Слика 106) за постављање – качење „зелених“ панела на вертикалну површину.

Укупна дужина елемената потконструкције по једном елементу вегетационог модуларнog елемента - панела:

$\Sigma l = 2\times0.60+2\times0.05 = 1.30$ m

Прорачун тежине потконструкције за качење вегетационог модуларног елемената – панела:

- Тежина потконструкције по једном елементу

  $\Sigma l \times g = 1.30\times0.0203$: ..... 0.03 kN

  g' = 0.03 kN

Прорачун потконструкције за качење вегетационог модуларног елемената – панела по m² вертикалне пројекције:

Од дела потконструкције за један вегетациони модуларни елеменат димензија 600×600×100 mm: g'/P = 0.03/(0.60×0.60): 0.08 kN/m²

- Анкер плоче за везу са вертикалним елементима конструкције објекта и анкери: ..... 0.02 kN/m²

Укупно тежина потконструкције g = 0.10 kN/m²

Укупна тежина зелене фасаде, вегетационог модуларног елемента и потконструкција:

- Од потконструкције: ..... 0.10 kN/m²
- Од вегетационог модуларног елемента: ..... 0.58 kN/m²

Укупно оптерећење g = 0.68 kN/m²

а) б)



Слика 106. Потконструкција експерименталног модела а) детаљ, б) детаљ [*]

6.3.2 Прорачун везе - анекровања на нивоу међуспратне конструкције

Претпостављено анкеровање – ослањање на нивоу међуспратне конструкције, спратна висина h=3.00 m. Прорачун оптерећења по једном носачу са припадајућим оптерећењем од вегетационог модуларног елемената – панела.

Међусобни размак вертиканих носача λ = 0.60 m

Вертикално оптерећење – гравитационо оптерећење:

- од фасаде: $g \times \lambda = 0.68 \times 0.60$ = ... 0.41 kN/m

Укупно g = 0.41 kN/m

6.3.3 Анализа оптерећења – ветар

Утицаји од оптерећења ветром

ПРОРАЧУН ПО ЈУС У.Ц7.110.

Локација - Београд

Надморска висина подножја објекта	H	= 132	mnm
Густина ваздуха	ρ = 1.225 – H/8000	= 1.200	kg/m³
Основна брзина ветра	Vm,50,10	= 19.00	m/s
Фактор повратног периода	kT	= 1.000	

Фактор временског интервала осредњавања: kt = 1.000

Ветар делује на висини од 0.00 м до мах 10.00 м.

Повратни период ветра	T	= 50 год.	
Пројектна основна брзина ветра:	Vm,T,10	= 19.00	m/s
Основни притисак ветра:	qm,T,10	= 0.22	kN/m²

Динамички коефицијент

- за конструкцију за ношење облоге и везу облоге за конструкцију Gz = 2.50

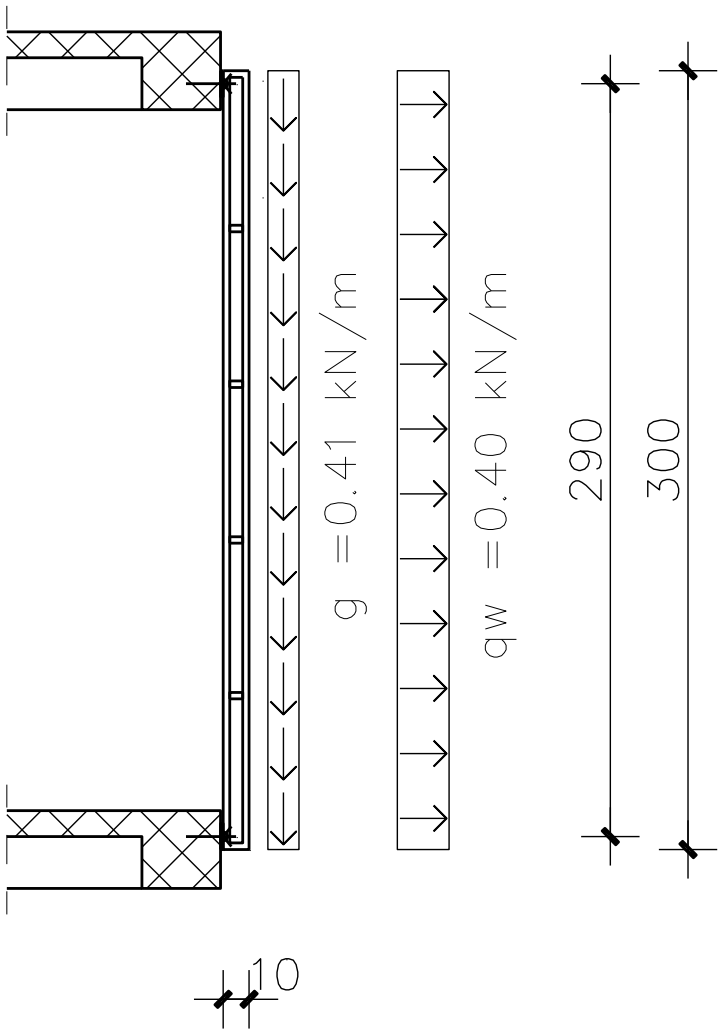
Коефицијенти силе или притиска ветра

- за најнепогоднију комбинацију облика објекта и правца ветра Cw = 1.20
-

Оптерећење ветром:

– од ветра: λ×Gz×qm,T,H×Cw = 0.60×2.50×0.22×1.20 ..... 0.40 kN/m

Укупно qw = 0.40 kN/m



Слика 107. Скица ослањања потконструкције са оптерећењем од гравитационог оптерећења и утицајима ветра [*]

Утицаји од вертикалног носача висине h=3.00 m, (Слика 107)у ослонцима од:

Гравитационо оптерећење (неповољнији случај све се ослања на горњи ослонац):

Вертикални утицаји: $N = g \times l = 0.41 \times 3.00 = 1.23$ kN

Моменат савијања: $M = N \times e = 1.23 \times 0.10 = 0.12$ kNm

Утицај ветра:

Хоризонтални утицаји: $Rw = qw \times l/2 = 0.40 \times 3.00/2 = 0.60$ kN

Утицаји у најоптерећенијим анекрима, за везу са горњом међуспратном конструкцијом.

У вези су усвојена два анкера $n = 2$

од гравитационог оптерећења.

сила чупања - затезања: $Zg = (M/h)/n = (0.12/3.0)/2 = 0.02$ kN

смичућа сила: $Vg = N/n = 0.40/2 = 0.20$ kN

од утицаја хоризонталне силе – од ветра

сила чупања - затезања $Zw = Rw/n = 0.60/2 = 0.30$ kN

Укупни утицаји у анкеру

Укупна сила чупања $\Sigma Z = Zg + Zw = 0.02+0.30 = 0.32$ kN

Укупна смичућа сила $\Sigma Q = Vg = 0.20$ kN

6.3.4 Веза за АБ конструкцију на нивоу међуспратне конструкције

За везу са постојећом АБ конструкцијом је усвојен анкер M8 WURTH Wit VM 100 са ињекционом смесом.

Носивост 1 (једног) Анкера M8, WURTH Wit VM 100 M8 према подацима произвођача:

на затезање-чупање $Z_{max} = 2.40$ kN > $\Sigma Z = 0.32$ kN

на смицање $V_{max} = 8.00$ kN > $\Sigma Q = 0.20$ kN

Усвојени анкери задовољавају носивост у вези.

За везу са постојећом АБ конструкцијом је усвојен анкер M8 WURTH Wit VM 100 са ињекционом смесом.

Носивост 1 (једног) Анкера M8, WURTH Wit VM 100 M8 према подацима произвођача:

- на затезање-чупање $Z_{max} = 2.40$ kN > $\Sigma Z = 0.30$ kN
- на смицање $V_{max} = 8.00$ kN > $\Sigma Q = 0.10$ kN

Усвојени анкери задовољавају носивост у вези (Слика 108 а,б, 109).

а) б)



Слика 108. Анкеровање експерименталног модула а) детаљ, б) детаљ [*]



Слика 109. Анкер веза експерименталног модела [*]

6.3.5 Поређење са тежинама накнадно постављених других фасадних облога

Упоредна анализа тежине (Табела 11, Графикон 2) појединих фасадних облога дата у наставку, показује да екпериментални модели вегетационог модула је у граничним вредностима са тежином најчешће коришћених елемената за облагање фасада у Београду. Може се приметити да је тежина вегетационог модула од 0.68 kN/m² заједно са потконструкцијом знатно мања од тежине вентилисане фасаде од мермера на потконструкцији са прорачунатом тежином од 0.83 kN/m².

Тежина фасаде од вештачког камена

Анализа оптерећења – оптерећење по m² вертикалне пројекције:

- Вештачки камен d = 0.03 m: $\gamma \times d = 22.00 \times 0.03$: ..... 0.66 kN/m²

Укупно оптерећење g = 0.66 kN/m²

Тежина фасадне облоге од мермера постављена на лепку

Анализа оптерећења – оптерећење по m² вертикалне пројекције:

- Од мермерне облоге: $\gamma \times d = 27.00 \times 0.02$: ..... 0.54 kN/m²
- Лепак: ..... 0.08 kN/m²

Укупно оптерећење g = 0.62 kN/m²

Тежина вентилисане фасадне облоге од мермера на потконструкцији са изолацијом

Анализа оптерећења – оптерећење по m² вертикалне пројекције:

- Од мермерне облоге: $\gamma \times d = 27.00 \times 0.025$: ..... 0.68 kN/m²
- Потконструкција: ..... 0.07 kN/m²
- Термоизолација: $\gamma \times d = 8.00 \times 0.10$ ..... 0.08 kN/m²

Укупно оптерећење g = 0.83 kN/m²

Тежина вентилисане фасадне облоге са композитном облогом на потконструцкији са изолацијом

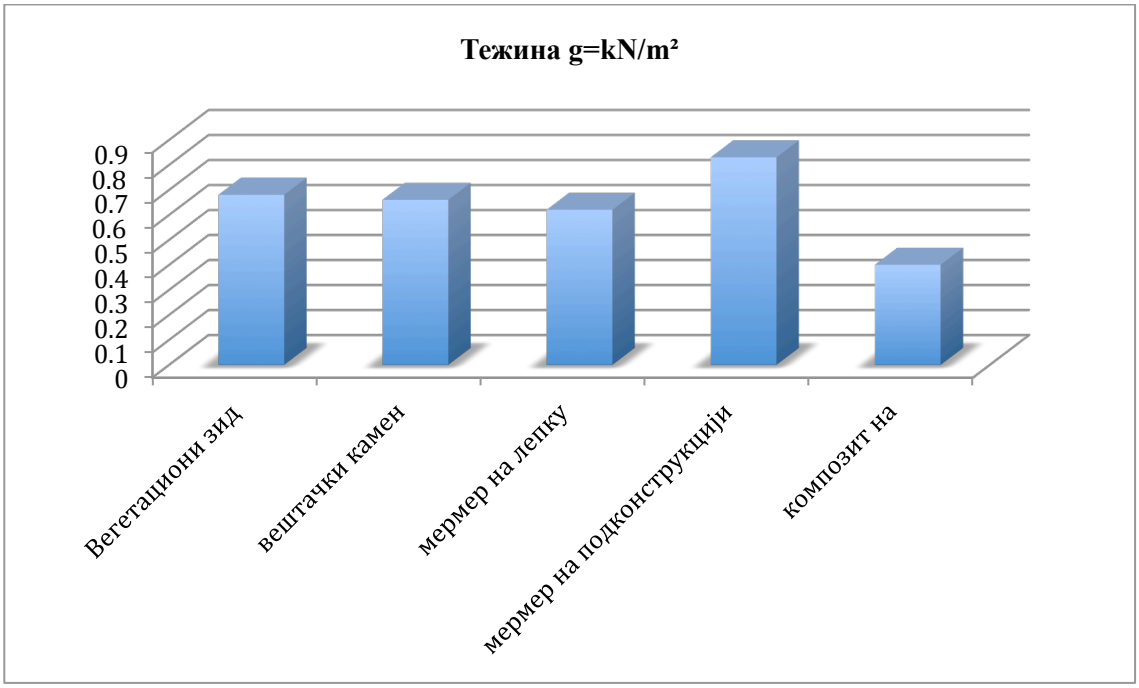
Анализа оптерећења – оптерећење по m² вертикалне пројекције:

- Композитне плоче дебљине d = 18 mm: ..... 0.25 kN/m²
- Потконструкција: ..... 0.07 kN/m²
- Термоизолација: γ × d = 8.00 × 0.10 ..... 0.08 kN/m²

Укупно оптерећење g = 0.40 kN/m²

ВРСТА ОБЛОГЕ	Тежина g=kN/m²
Вегетациони зид	**0.68**
Тежина фасаде од вештачког камена	0.66
Тежина фасадне облоге од мермера постављена на лепку	0.62
Тежина вентилисане фасадне облоге од мермера на потконструкцији са изолацијом	0.83
Тежина вентилисане фасадне облоге са композитном облогом на потконструцкији са изолацијом	0.40

Табела 11. Упоредна анализа тежине различитих врста облога [*]



Графикон 2. Графички приказ односа тежина различитих врста облога [*]

7 КРИТЕРИЈУМИ ЗА ЕВАЛУАЦИЈУ ТЕРМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МОДЕЛА

Претпостављена хипотеза о утицају вегетационих зидова на смањење потребне количине енергије за хлађење у летњем периоду проверавана је на практичним и хипотетичком моделу.

Сунце је највећи извор енергије на Земљи. Носилац сунчеве енергије је његово зрачење које се простире праволинијски у виду таласа различите таласне дужине. Укупна количина сунчевог зрачења које доспе на земљу зависи од упадног угла сунчевих зрака преха равни хоризонта. У колико је упадни угао мањи, мањи је и интезитет загревање површине и обрнуто.

Може се закључити да је интензитет загревања првенствено зависи од географске ширине и надморске висине, као и од доба године, доба дана и замућености атмосфере. За различите прорачуне користе се дијаграм путање Сунца, које се конструише у односу на географску ширину.

Средње вредности суме сунчевог зрачења користе за прорачун добитака топлоте од сунчевог зрачења на територији Републике Србије.

Термичка анализа фасадног омотача тј. анализа проласка топлоте кроз фасаду објекта има за циљ дају математичке вредности потреба за хлађењем унутрашњег простора објекта у летњем периоду на постојећем хипотетичком моделу и да се на основу тога изанализирају доприноси примене вегетационог зида на смањењу количине топлотних добитака у нашим климатским условима. У зимском периоду у простору за боравак и рад људи, неопходно је одржавање температуре ваздуха

која је већа од спољање температуре. За такве просторе је потребно је створити додатну енергију и на тај начин анулирати количину енергије која се одаје у спољашњи простор, тј. надокнадити губитке топлоте. У овом истраживању и анализама није третиран зимски режим коришћења објекта и утицаји вегетације на објекат у том периоду. У летњем периоду температура вздуха у спољашњој средини је већа од температуре у просторији која би требала да одговара условима угодности. У летњем периоду време директног сунчевог зрачења је веће, тако да у просторије доспева доста велика количина енергије која утиче на комфор. Вишак топлоте је неопходно смањити на ниво угодности како би се у просторијама створили оптимални услови за рад и боравак. Према дефиницији проф. Тодоровић Б[89]. "Топлотни добици представљају количину топлоте у јединици времена коју просторија добија (било од спољних или унутрашњих извора енергије)". Климатизација у објекту има функцију да охлади простор у летњем периоду, да одржава релетивну влажност ваздуха у просторији, сушење и одвлаживање простора у летњем периоду и одржавање потребног нивоа чистоће ваздуха.

7.1 Евалуација термичких карактеристика практичних модела

Сунчево зрачење у летњем периоду доприноси повећању укупног топлотног биланса, а самим тим повећава и количину потребне енергије за хлађењем просторија. Употреба енергије проузрокује одређена финансијска средства и изазива неки од облика еколошке неуједначености.
Сам експеримент је имао за циљ да покаже:

- који од дефинисаних модела су најпогодније за коришћење у београдским климатским условима,
- утицај интеграције вегетационих зидова у фасадне омотаче, на смањење контактних температура зида

[89] Тодоровић, Б., Климатизација, Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, Београд 1998.год. стр. 45

На основу свега наведеног, испитивање топлотних својстава вршено је на основу дефинисаних фактора који у највећој мери могу утицати на термичке перформансе фасадног омотача. За потребе испитивања термичких карактеристика практичних модела направљен је вегетациони зид, типолошки урађен као вегетациони зид са биљним расадом укорењеним у модуларан систем, димензија 240 x 180 цм са по четири модуларне јединице, три претпостављена практична модела (М1, М2, М3). Ова типологија је употребљена због лакоће монтаже, брзине формирања вегетационог склопа и минималне потребе за одржавањем Модели су засађени једногодишњном вегетацијом различите лисне површине. Модел је постављен за испитивање у Београду. Ефикасност употребе вегетационих зидова огледа се пре свега у особини да овакве структуре утичу на претпостављено смањење проласка топлоте кроз фасадни зид на коме се налазе. Спољни климатски локални услови и фактори који утичу на пренос топлоте, а који су праћени током мониторинга су:

- Влажност ваздуха
- Струјање ваздуха тј. брзина ветра
- Температура ваздуха
- Сунчево зрачење

Претпоставка је да ће биљни засади и модуларна конструкција на носећем делу конструкције зида, утицати на смањење ефеката спољашње средине на контактним површинама фасадног омотача. За те потебе мерене су:

- температуре контактних површина на фасадном зиду са и без вегетационе структуре са спољашње стране зида
- контактна температура површина фасадног зида са и без вегетационе структуре са унутрашње стране зида
- температура земљишта унутар практичног модела
- лисна температура биљног засада
- влажност садног материјала унутар модула

Ради сагледавања утицаја орјентације на мерне перформансе фасадног омотача мерења су вршена за све четири орјентације према странама света. Вегетациони зидови (Слика 110) у целом истраживању су третирани као пасивни системи у енергетској ефикасности архитектонских објеката.

а) б)



Слика 110. Приказ озелењавања практичних модела М1, М2, М3, а) Приказ модела М1, б) Приказ модела М2 [*]

Претпоставка је да ће вегетациони зид смањити контактну температуру фасадног зида уз помоћ три фактора:

- топлотном изолацијом коју пружају вегетација и модуларна подлога
- евапотранспираторним хлађењем модула
- смањења директног сунчевог зрачења услед вегетационе сенке

У сврху експеримента коришћен је стандардан дизајн вегетационог зида, употребом локално доступних биљних врста, а највише коришћена биљка је Здравац (латински назив Geranium macrorrhiuum).

7.1.1 Евалуација хипотетичког модела

Да би простор у летњем периоду задовољио услове угодности неопходно је прорачунати количину топлоте коју је потребно смањити и она се назива топлотно оптерећење и дефинише се као укупн количина топлоте која загрева ваздух у просторији тако да директно утиче на температуру ваздуха и на капацитет расхладног уређаја.

За израчунавање потребне енергије за грејање у зимском периоду параметри су дефинисани важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда (2011)[90] спољна пројектна температура за Београд је -12,1° С, Број степен дана грејања за Београд је 2520, број степен дана за хлађење за Београд 480, број дана грејне сезоне за Београд 175, средња температура грејног периода 5.6 ° С, унутрашња пројектна температура за зимски периодд 20° С, унутрашња пројектна температура за летњи период 26 ° С. Проветравање/број измена ваздуха на сат је 0,5. Постојећем објекту су аплицирани вегетациони зидови на све четири фасаде у нивоу првог и другог спара. Постојећа фасада у том делу објекта је направљена од префабрикованих панела.

Постојећи правилник о енергетској ефикасности не третира топлотне добитке у летњем периоду тако да нису дефинисани параметри летњег пројектног дана, већ летњи пројектни дан сачињавају часовне вредности спољне температуре ваздуха у временском периоду од 24 сата. По Проф. Тодоровићу ”за Београд спољна летња пројектна температура је 33°Ц. Да би се срачунало топлотно оптерећење неопходно је температурну променљивост спољног ваздуха узети у обзир преко часовних вредности за летњи пројектни дан заједно са интезитетом Сунчевог зрачења који доспе на површину омотача зграде”[91]. Интензитет Сунчевог зрачења је такође променљива током дана и директно утиче на трансмисију топлоте кроз омотач објекта.

[90] Службени гласник РС: 061/2011 Датум: 19.08.2011

[91] Тодоровић, Б., Климатизација, Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, Београд 1998.год. стр. 75

Топлотно оптерећење као и топлотни добици по Тодоровић. Б, могу се поделити према изворима топлоте и то на:

- спољне
- кроз спољне зидове (кров) просторије,
- кроз прозоре (трансмисијом и од Сунчевог зрачења)
- инфилтрацијом спољног ваздуха кроз процепе
- унутрашње
- од осветљења у просторији
- од електричних уређаја, машина и апарата
- од људи који бораве у просторији
- од суседних неклиматизованих просотрија
- од технолошких процеса који се одвијају у просторији

За потребе прорачуна потребне енергије за хлађење објекта робне куће у Варешкој улици у Београду коришћен софтверски програм за прорачун добитака топлоте HanDobgub в.5.0.

Примењена је методологија прорачуна топлотних добитака урађена је према "ASHRAE Fundamentals" за 1997. годину. Прорачун методом трансфер функције се изводу у "два корака:

- Израчунавање добитака топлоте кроз елементе омотача, кроз зид, кров и слични, при чему доминира провођење топлоте. Пренос топлоте потиче од спољњег ваздуха загрејаног на релативно високу температуру и сунчевог зрачења, чији су утицаји спојени у тзв. сунчано – ваздушној температури.
- Израчунавање топлотног оптерећења које се остварује од добитака топлоте, одређених у првом кораку. Пренос топлоте се обавља конвекцијом на ваздух у просторији, било директно са унутрашњих

површина , или индиректно, када су у питању пренос топлоте зрачењем и утицај ефеката акумулације.”[92]

Топлотно оптерећење од пролаза топлоте кроз елементе објекта рачуната су помоћу температурних разлика, а оптерећења од пролаза топлоте кроз прозоре због малог коефицијента аукумулације дефинисани су на основу темепературних разлика пројектне унутрашње и дефинисане спољашње температуре. У прорачун су ушли топлотни добици од унутрашњих извора топлоте, људи, осветљења и уређаја.

Прорачун се према Тодоровић. Б., спроводи према изразу:
Q=K x A x CLTD [W] , где је:
K – коефицијент пролаза топлоте за зид или кров [W/m2K]
A – површина зида [m2]
CLTD – коригована таблична вредност
CLTDtab- таблична вредност
tu[°C] – унутрашња пројектна температура
tsm [°C] – средња дневна температура (за наше климатске услове 28,4 °Ц)
M – коректура за друге месеце
K – коректура за друге боје зида

За зид:
К=1,0 за тамне површине или зидове у индустријској зони
К=0,83 – за стално одрзавање средњих боја (ванградске средине)
К=0,65 – за стално одрзавање светле боје (ванградске средине)

За кров:
К=1,0 - за таман кров
К=0,5 – за стално светао кров (ванградска средина)
К – коефицијент пролаза топлоте за зид или кров [W/m2K]

[92] Тодоровић, Б., Климатизација, Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, Београд 1998.год. стр. 117.

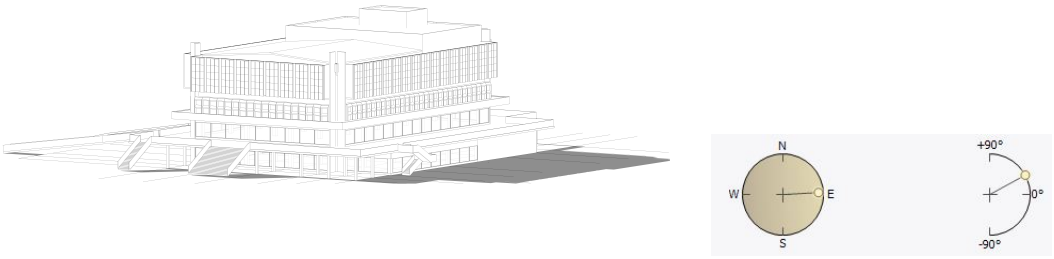
Топлотно оптерећење преносом топлоте кроз прозоре и спољња врата у програму рачунато је по формули:
Q=A x K x (ts(t) – tu) [W],где су
ts [°C] – тренутна спољна температура
tu [°C] – унутрашња пројектна температура просторије
Топлотно оптерећење од сунчевог зрачења

Топлотно оптерећење од људи:
Qs=n x qs x (CLF)lj [W]
Ql=n x ql [W]
n - број људи
qs,qn [W /c] – осетно и латентно одавање топлоте једног човека
CLF – коефицијент топлотног оптерећења којим се добитак топлоте своди на оптерећење

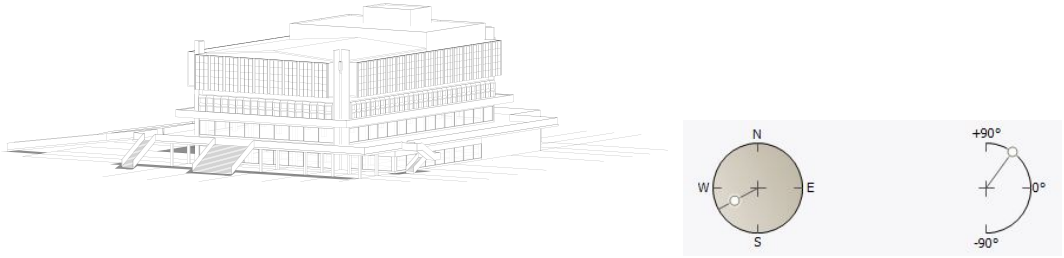
Топлотно оптерећење од осветљења рачунато је према једначини:
Qs= N x f1 x f2 x (CLF)s [W]
N [W] – укупна инсталисана снага светиљки
f1 – коефицијент једновремености
f2 – коефицијент остатка
CLF – коефицијент топлотног оптерећења од светиљки

Топлотно оптерећење од машина рачуна се према:
Qm=(P/em) x fm x f0 x (CLF)m [W]
fm – коефицијент употребе електромотора
fm – коефицијент оптерећења електромотора

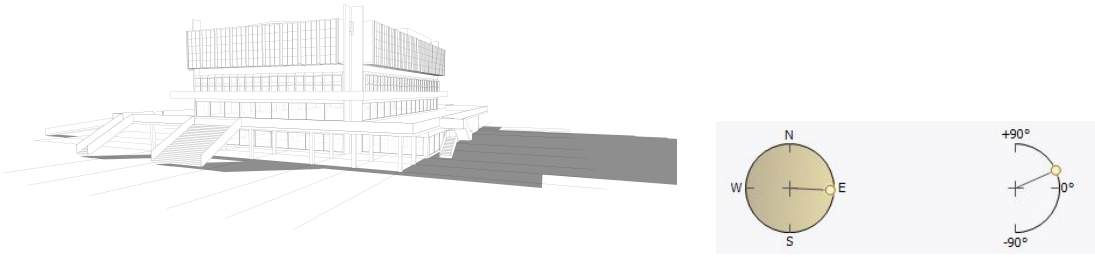
Спољни део постојећег фасадног омотача објекта чини фасадни зид састављен из продужног малтера, пуне опеке, камене вуне, ваздушног слоја и аквапанела. Прорачун коефицијента пролаза топлоте и параметара дифузије и исушења рађен је у софтверу Knaufterm 2 . Према том прорачуну коефицијент проласка топлоте U= 1.776 W/m^2 K , не задовољава услове максимално дозвољених коефицијената пролаза топлоте који износи U= 0.4 W/m^2 K. (Слика 115). Постојећи објекат уздужном осом има орјентацију север – југ. Дуже стране објекта су према источној и западној стани света. У близини робне куће нема изграђеног грађевинског фонда који би утицао на енергетске перформансе објкта.



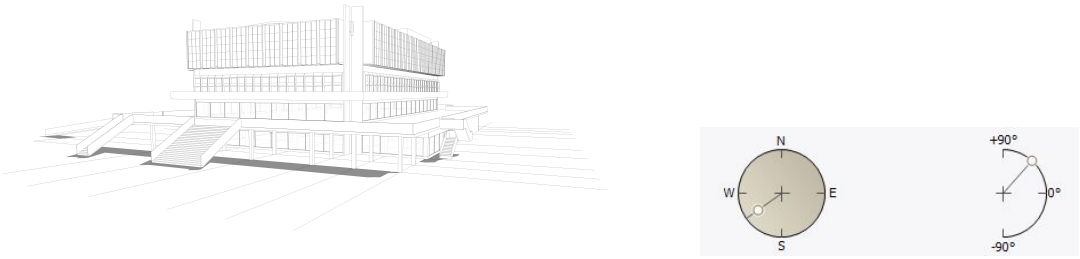
Слика 111. Приказ положаја сенка на објекту 12.07. у 7:00 сати [*]



Слика 112. Приказ положаја сенке на објекту 12.07 у 14.00 сати [*]



Слика 113. Приказ положаја сенке на објекту 12.08. у 07:00 [*]



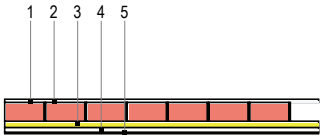
Слика 114. Приказ положаја сенке на објекту 12.08. у 14:00 [*]

Прорачун укупних добитака за објекат рађен је за месец јун и јул у временским интервалима 12:00, 14:00, 18:00 сати,(Слика 111, 112, 113, 114) што је одговарало приближним временима мерења контактних температура код практичних модела.

Oznaka sklopa: z2, Tip konstrukcije: Spoljni zid, Deo termičkog omotača

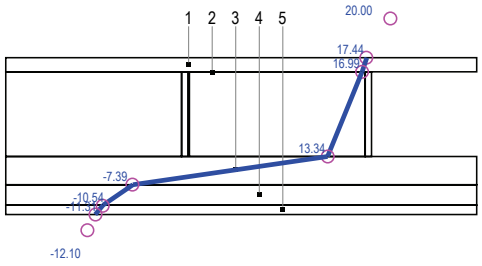
Rsi=0.13 m²K/W Rse=0.04 m²K/W v min=15 η min=7
U max=0.4 W/m²K Fx=1 U=0.613 W/m²K

num	d[cm]	Opis	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	μ [-]
1	2	Produžni krečni malter	1800.0	1050.0	0.870	20.0
2	12	Opeka puna(25cm)+Produžni krečni malter(1cm)	1607.7	925.0	0.649	9.4
3	4	Kamena vuna	30.0	840.0	0.038	1.0
4	3	Vazdušni sloj, neprovetra vani, vertikalni	1.3	1000.0	0.188	1.0
5	1.25	Aquapanel Outdoor	1150.0	840.0	0.320	19.0

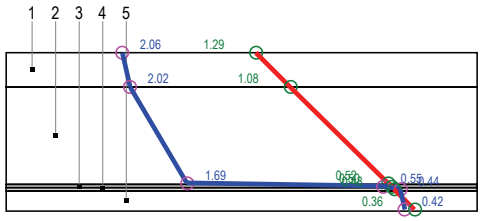


num	d	Opis	R [m²K/W]	ΔΘ [°C]	Θ [°C]	ΔΘ.dif [°C]	Θ.dif [°C]	Δp [kPa]	p' [kPa]	p i/e [kPa]	r [m]	S24 [W/m²K]	D [-]	u24 [W/m²K]
/	/	Unutra	/	/	20	/	20	/	2.337	/	/	/	/	/
/	/	Prelaz	0.13	2.560	17.440	1.994	18.006	0.273	2.064	1.285	/	/	/	/
1	2	Produžni krečni malter	0.023	0.453	16.987	0.353	17.653	0.045	2.019	1.084	0.400	10.90	0.25	9.06
2	12	Opeka puna(25cm)+Produžni krečni malter(1cm)	0.185	3.643	13.344	2.837	14.816	0.334	1.685	0.516	1.131	8.35	1.54	8.35
3	4	Kamena vuna	1.053	20.737	-7.393	16.150	-1.334	1.139	0.547	0.496	0.040	0.26	0.28	0.86
4	3	Vazdušni sloj, neprovetra vani, vertikalni	0.160	3.151	-10.544	2.454	-3.788	0.102	0.445	0.481	0.030	0.13	0.02	0.76
5	1.25	Aquapanel Outdoor	0.039	0.768	-11.312	0.598	-4.387	0.022	0.423	0.361	0.238	4.73	0.18	1.58
/	/	Prelaz	0.04	0.788	/	0.613	/	0.022	/	/	/	/	/	/
/	/	Spolja	/	/	-12.1	/	-5.0	/	0.401	/	/	/	2.28	/
/	/	Ukupno	1.630	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5.03	/

Grafikon temperatura



Grafikon difuzije
debljina slojeva je srazmerna sa difuznim otporom slojeva



Provera letnje stabilnosti
Faktor prigušenja amplitude oscilacije temperature v= 37.8 >= v.min= 15 , sklop zadovoljava
Faktor kašnjenja amplitude oscilacije temperature η= 5.1 < η.min= 7 , ali faktor prigušenja v > 35, te sklopsklop zadovoljava

Provera kondezacije
Kondezacija u sloju 4, ; 3.9 dana za isušenje ; Isušenje u roku od 90dana

Provera koeficijenta prolaza toplote
Osnovni U= 0.613 W/m²K
Korigovani Korekcije se koriste:
ΔUg= 0.000 W/m²K ; ΔUf = 0.050 W/m²K ; ΔU = 0.050 W/m²K
Uc= 0.663 W/m²K, U max=0.4 W/m²K, Uc > Umax, sklop NE zadovoljava

Слика 115. Прорачун коефицијента пролаза топлоте и параметара дифузије [*]

Предмет овог истраживања био је утицај вегетационих зидова на смањење укупних топлотних добитака у објекту у летњем периоду. Топлотни добици су у прорачуну узети као добици који долазе споља и добици који се јављају унутар објекта. Прорачун топлотних добитака код објекта робне куће, постојеће стање дато је табеларно. У прорачуну су као улазни подаци узети: спољашња температура ваздуха 26 °Ц, висина објекта 12 м, површина објекта 7274, 68 м^2 запремина објекта 87296, 16 м^3 коефицијент проласка топлоте кроз фасадни зид U= 1.776 W/m^2 K

Месец јул – постојеће стање

				PRODAJNI PROSTOR STARO											Juli 12 h			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16		Nivo: 2		Zona:					Qos = 186664 W			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q'' = 0 W/m3					Qlat = 80025 W			
Pregrade i otvori															Quk = 266689 W			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk	
Z1	I	90	0		789.82			1.776	19.9	18.4	0					25775	25775	
Z1	S	0	0		475.19			1.776	6	4.5	0					3777	3777	
Z1	J	180	0		716.97			1.776	8.8	7.3	0					9264	9264	
Z1	Z	270	0		757.68			1.776	6	4.5	0					6022	6022	
Opterećenja od unutrašnjih izvora																		
Ljudi				Mašine				Svetiljke				Tehnološki procesi						
Broj	1454.9	kom		Qins	100	W		Qins	35000	W		qos		W/h				
qos	75	W/č		k.e.m.	0.9	[-]		f1	1	[-]		qlat		W/h				
qlat	55	W/č		k.o.m.	1	[-]		f2	1.2	[-]		CLF	0	[-]				
CLF	0.96	[-]		k.u.m.	1	[-]		CLF	0.88	[-]		Qos	0	W				
Qos	104760	[-]		CLF	0.96	[-]		Qos	36960	W		Qlat	0	W				
Qlat	80025	W		Qos	107	W												
Qlj uk = 184785 W				Qmas uk = 107 W				Qsve uk = 36960 W				Qtp uk = 0 W						

Табела 12. Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 12:00 сати [*]

1 SPRAT				PRODAJNI PROSTOR STARO											Juli 14 h			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:					Qos = 202268 W			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q'' = 0 W/m3					Qlat = 80025 W			
Pregrade i otvori															Quk = 282293 W			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk	
Z1	I	90	0		789.82			1.776	20	18.5	0					25915	25915	
Z1	S	0	0		475.19			1.776	8	6.5	0					5464	5464	
Z1	J	180	0		716.97			1.776	14.8	13.3	0					16904	16904	
Z1	Z	270	0		757.68			1.776	8	6.5	0					8713	8713	
Opterećenja od unutrašnjih izvora																		
Ljudi				Mašine				Svetiljke				Tehnološki procesi						
Broj	1454.9	kom		Qins	100	W		Qins	35000	W		qos		W/h				
qos	75	W/č		k.e.m.	0.9	[-]		f1	1	[-]		qlat		W/h				
qlat	55	W/č		k.o.m.	1	[-]		f2	1.2	[-]		CLF	0	[-]				
CLF	0.98	[-]		k.u.m.	1	[-]		CLF	0.91	[-]		Qos	0	W				
Qos	106942	[-]		CLF	0.98	[-]		Qos	38220	W		Qlat	0	W				
Qlat	80025	W		Qos	109	W												
Qlj uk = 186968 W				Qmas uk = 109 W				Qsve uk = 38220 W				Qtp uk = 0 W						

Табела 13. Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 14:00 сати[*]

1 SPRAT				PRODAJNI PROSTOR STARO										Juli 18 h			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				Qos = 231742 W			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q'' = 0 W/m3				Qlat = 80025 W			
Pregrade i otvori														Quk = 311767 W			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z1	I	90	0		789.82			1.776	18	16.5	0					23110	23110
Z1	S	0	0		475.19			1.776	12	10.5	0					8840	8840
Z1	J	180	0		716.97			1.776	19.8	18.3	0					23270	23270
Z1	Z	270	0		757.68			1.776	23	21.5	0					28898	28898

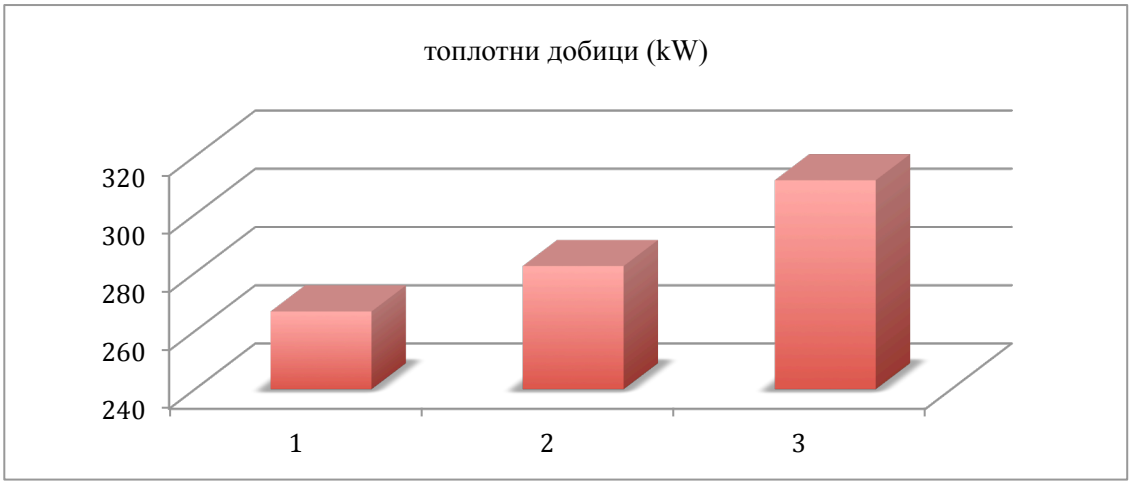
Opterećenja od unutrašnjih izvora											
Ljudi			Mašine			Svetiljke			Tehnološki procesi		
Broj	1454.9	kom	Qins	100	W	Qins	35000	W	qos		W/h
qos	75	W/č	k.e.m.	0.9	[-]	f1	1	[-]	qlat		W/h
qlat	55	W/č	k.o.m.	1	[-]	f2	1.2	[-]	CLF	0	[-]
CLF	0.99	[-]	k.u.m.	1	[-]	CLF	0.94	[-]	Qos	0	W
Qos	108034	[-]	CLF	0.99	[-]	Qos	39480	W	Qlat	0	W
Qlat	80025	W	Qos	110	W						
Qlj uk = 188059 W			Qmas uk = 110 W			Qsve uk = 39480 W			Qtp uk = 0 W		

Табела 14. Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец јул 18:00 сати [*]

Добијени резултати (Табела 12, 13, 14, 15, Графикон 3) показују да су највећи топлотни добици у месецу јулу у 18:00 сати за београдске климатске услове и износе 311,77 kW.

ЈУЛ			
време	12	14	18
топлотни добици (kW)	**266.69**	**282.29**	**311.77**

Табела 15. Табеларни приказ прорачуном добијених топлотних добитака за месец јул – постојеће стање [*]



Графикон 3. Графички приказ прорачунатих топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој уливи у Београду – постојеће стање, mesec jul 1=12, 2=14, 3=18 сати [*]

Месец август – постојеће стање

1 SPRAT				**PRODAJNI PROSTOR STARO**										**Avgust 12 h**			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				**Qos = 188165 W**			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q'' = 0 W/m3				**Qlat = 80025 W**			
Pregrade i otvori														**Quk = 268190 W**			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z1	I	90	0		789.82			1.776	19.9	17.4	-1					24372	24372
Z1	S	0	0		475.19			1.776	6	3.5	-1					2933	2933
Z1	J	180	0		716.97			1.776	8.8	11.3	4					14357	14357
Z1	Z	270	0		757.68			1.776	6	3.5	-1					4676	4676
Opterećenja od unutrašnjih izvora																	
Ljudi				Mašine				Svetiljke				Tehnološki procesi					
Broj		1454.9	kom	Qins		100	W	Qins		35000	W	qos				W/h	
qos		75	W/č	k.e.m.		0.9	[-]	f1		1	[-]	qlat				W/h	
qlat		55	W/č	k.o.m.		1	[-]	f2		1.2	[-]	CLF		0		[-]	
CLF		0.96	[-]	k.u.m.		1	[-]	CLF		0.88	[-]	Qos		0		W	
Qos		104760	[-]	CLF		0.96	[-]	Qos		36960	W	Qlat		0		W	
Qlat		80025	W	Qos		107	W										
Qlj uk = 184785 W				Qmas uk = 107 W				Qsve uk = 36960 W				Qtp uk = 0 W					

Табела 16. *Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец август 12:00 сати* [*]

1 SPRAT				**PRODAJNI PROSTOR STARO**										**Avgust 14 h**			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				**Qos = 203769 W**			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q'' = 0 W/m3				**Qlat = 80025 W**			
Pregrade i otvori														**Quk = 283794 W**			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z1	I	90	0		789.82			1.776	20	17.5	-1					24513	24513
Z1	S	0	0		475.19			1.776	8	5.5	-1					4621	4621
Z1	J	180	0		716.97			1.776	14.8	17.3	4					21997	21997
Z1	Z	270	0		757.68			1.776	8	5.5	-1					7367	7367
Opterećenja od unutrašnjih izvora																	
Ljudi				Mašine				Svetiljke				Tehnološki procesi					
Broj		1454.9	kom	Qins		100	W	Qins		35000	W	qos				W/h	
qos		75	W/č	k.e.m.		0.9	[-]	f1		1	[-]	qlat				W/h	
qlat		55	W/č	k.o.m.		1	[-]	f2		1.2	[-]	CLF		0		[-]	
CLF		0.98	[-]	k.u.m.		1	[-]	CLF		0.91	[-]	Qos		0		W	
Qos		106942	[-]	CLF		0.98	[-]	Qos		38220	W	Qlat		0		W	
Qlat		80025	W	Qos		109	W										
Qlj uk = 186968 W				Qmas uk = 109 W				Qsve uk = 38220 W				Qtp uk = 0 W					

Табела 17. *Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец августс 14:00 сати* [*]

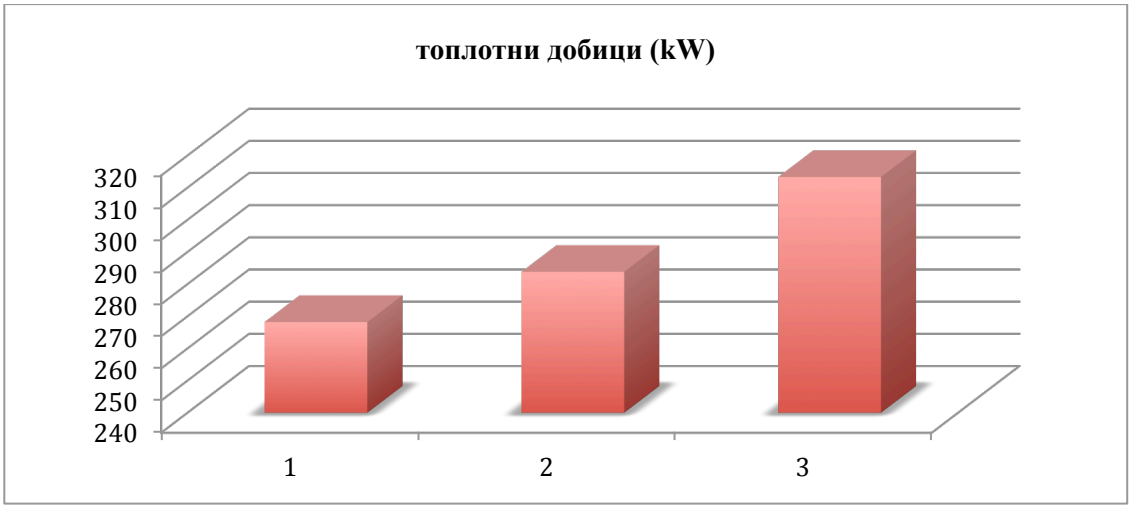
1 SPRAT				**PRODAJNI PROSTOR STARO**										**Avgust 18 h**			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				**Qos = 233243 W**			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q'' = 0 W/m3				**Qlat = 80025 W**			
Pregrade i otvori														**Quk = 313268 W**			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z1	I	90	0		789.82			1.776	18	15.5	-1					21707	21707
Z1	S	0	0		475.19			1.776	12	9.5	-1					7996	7996
Z1	J	180	0		716.97			1.776	19.8	22.3	4					28364	28364
Z1	Z	270	0		757.68			1.776	23	20.5	-1					27552	27552
Opterećenja od unutrašnjih izvora																	
Ljudi				Mašine				Svetiljke				Tehnološki procesi					
Broj		1454.9	kom	Qins		100	W	Qins		35000	W	qos				W/h	
qos		75	W/č	k.e.m.		0.9	[-]	f1		1	[-]	qlat				W/h	
qlat		55	W/č	k.o.m.		1	[-]	f2		1.2	[-]	CLF		0		[-]	
CLF		0.99	[-]	k.u.m.		1	[-]	CLF		0.94	[-]	Qos		0		W	
Qos		108034	[-]	CLF		0.99	[-]	Qos		39480	W	Qlat		0		W	
Qlat		80025	W	Qos		110	W										
Qlj uk = 188059 W				Qmas uk = 110 W				Qsve uk = 39480 W				Qtp uk = 0 W					

Табела 18. Прорачун топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – постојеће стање, месец август 18:00 сати [*]

Добијени резултати (Табела 16,17,18,19, Графикон 4) показују да су највећи топлотни добици у месецу августу у 18:00 сати за београдске климатске услове и износе 311,77 kW.

АВГУСТ			
време	12	14	18
топлотни добици (kW)	**268.19**	**283.79**	**313.27**

Табела 19. Табеларни приказ прорачуном добијених топлотних добитака за месец август – постојеће стање [*]

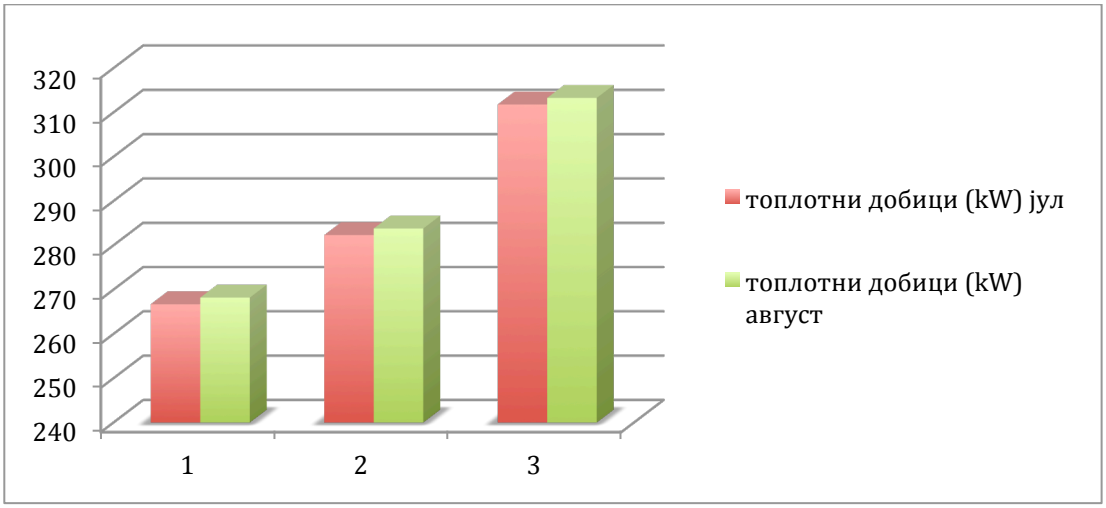


Графикон 4. Графички приказ прорачунатих топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој уливи у Београду – постојеће стање, mesec avgust 1=12, 2=14, 3=18 сати [*]

Упоредном анализом остварених топлотних добитака у објекту за месеце јул и август (Табела 20, Графикон 5) уочава се да су бројчано топлотни добици у објекту већи умесецу августу него у месецу јулу. Највеће забележени топлотни добици су у августу у 18:00 часова који износе 313.27 kW, а најниже срачунати топлотни добици су у јулу у 12:00 сати и износе 266.69 kW.

време	**12 сати**	**14 сати**	**18сати**
топлотни добици (kW) јул	**266.69**	**282.29**	**311.77**
топлотни добици (kW) август	**268.19**	**283.79**	**313.27**

Табела 20. Табеларни упоредни приказ прорачунатих топлотних добитака за објекат робне куће за период јул – август. [*]



Графикон 5. Графички приказ упоредних вредности прорачунатих топлотних добитака за објекат робне куће у Варешкој улици у Београду за месец јул и август – постојеће стање 1=12, 2=14, 3=18 сати [*]

Како је већ раније наведено зеленило утиче на микроклиматско окружење у коме се налази., због способности апсорпције , високе емисивности топлотног зрачења и евапотранспирационих карактеристика. Према Massimiliano Scarpai[93] већини аутора топлотна снага између слоја вегетације и омотача објекта дефинисан је једначином:

Q=q_irad + q_k + q_zs + q_zn + q_zz + q_et

q_irad	зрачење од сунца [W/m2]
q_k	конвекција (спољашњи ваздух/биљка) [W/m2]
q_zs	зрачење (спољашни ваздух/биљка) [W/m2]
q_zn	зрачење (небо/биљка) [W/m2]
q_zz	зрачење (земља/биљка) [W/m2]
q_et	топлотни проток од евапотранспиранције
q_irad	**q_irad = α_b * RadSol**
α_b	соларни апсорпциони коеф.биљке
RadSol	Соларно зрачење [W/m2]
q_k	**q_k = h * (Te - Tr) * LAI**
h	коеф.прелаза топлоте [W/m2K] од 8-12
Te	спољашња температура
Tr	температура биљке
LAI	Leaf Area Index (0.2=врло ретко, 0.8=средње, 3.5=врло густо) м2/м2

[93] Massimiliano Scarpa, Ugo Mayyali, Fabio Peron,: Modeling the energy performance of living walls: Validation against field measurements in temperate climate , Energy and building 79 (2014) 155=163

q_zs	**q_zs = σ_n * ε_b * Tsr^3 * 4 * (Tz - Tb) * f_ozb**
σ_n	Stefan-Bolcmanova константа
ε_b	емисивност биљки (0.9-0.98)
Tsr	средња температура ваздуха
Tz	Температура зида
Tb	температура биљке
f_ozb	фактор озрачења биљке

q_zn	**q_zn = σ_n * ε_n * Tsrn^3 * 4 * (Tn - Tb) * f_pn**
σ_n	Stefan-Bolcmanova константа
ε_n	емисивност неба
Tsrn	средња температура неба
Tn	Температура неба
Tb	температура биљке
f_pn	фактор погледа неба

q_zz	**q_zz = σ_n * ε_z * Tsrz^3 * 4 * (Tz - Tb) * f_pz**
σ_n	Stefan-Bolcmanova константа
ε_ze	емисивност земље
Tsrz	средња температура земље
Tz	Температура земље
Tb	температура биљке
f_pz	фактор погледа земље

Узимајући у обзир задате елементе за прорачун биланса проласка топлоте кроз вегетациони зид, прорачун су одредили параметри који имају константне вредности, параметри који су добијени мерењем и параметри који су морали бити претпостављени, зато што ни једна анализа нија дала константну вредност. Имајући све ово у виду, а након анализе прорачуна усвојен је коефицијент проласка топлоте оптимизованог зида робне куће у Варешкој улици у Београду U= 0.663 W/m^2 K . који не задовољава услове максимално дозвољених коефицијената пролаза топлоте који износи U= 0.4 W/m^2 K. Тако добијеном вредношћу оптимизован је објекат и добијени су следећи резултати.

Месец јул

1 SPRAT				PRODAJNI PROSTOR NOVO										Juli 12 h			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16		Nivo: 2		Zona:				**Qos = 158548 W**			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q" = 0 W/m3				**Qlat = 80025 W**			
Pregrade i otvori														**Quk = 238573 W**			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z2	I	90	0		789.82			0.663	18	16.5	0					8627	8627
Z2	S	0	0		475.19			0.663	6	4.5	0					1410	1410
Z2	J	180	0		716.97			0.663	9.8	8.3	0					3934	3934
Z2	Z	270	0		757.68			0.663	7	5.5	0					2750	2750

Opterećenja od unutrašnjih izvora											
Ljudi			Mašine			Svetiljke			Tehnološki procesi		
Broj	1454.9	kom	Qins	100	W	Qins	35000	W	qos		W/h
qos	75	W/č	k.e.m.	0.9	[-]	f1	1	[-]	qlat		W/h
qlat	55	W/č	k.o.m.	1	[-]	f2	1.2	[-]	CLF	0	[-]
CLF	0.96	[-]	k.u.m.	1	[-]	CLF	0.88	[-]	Qos	0	W
Qos	104760	[-]	CLF	0.96	[-]	Qos	36960	W	Qlat	0	W
Qlat	80025	W	Qos	107	W						
Qlj uk = 184785 W			Qmas uk = 107 W			Qsve uk = 36960 W			Qtp uk = 0 W		

Табела 21. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – оптимизовано стање, месец јул 12:00 сати [*]

1 SPRAT				PRODAJNI PROSTOR NOVO										Juli 14 h			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				**Qos = 166004 W**			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q" = 0 W/m3				**Qlat = 80025 W**			
Pregrade i otvori														**Quk = 246029 W**			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z2	I	90	0		789.82			0.663	18	16.5	0					8627	8627
Z2	S	0	0		475.19			0.663	8	6.5	0					2040	2040
Z2	J	180	0		716.97			0.663	14.8	13.3	0					6310	6310
Z2	Z	270	0		757.68			0.663	9	7.5	0					3755	3755

Opterećenja od unutrašnjih izvora											
Ljudi			Mašine			Svetiljke			Tehnološki procesi		
Broj	1454.9	kom	Qins	100	W	Qins	35000	W	qos		W/h
qos	75	W/č	k.e.m.	0.9	[-]	f1	1	[-]	qlat		W/h
qlat	55	W/č	k.o.m.	1	[-]	f2	1.2	[-]	CLF	0	[-]
CLF	0.98	[-]	k.u.m.	1	[-]	CLF	0.91	[-]	Qos	0	W
Qos	106942	[-]	CLF	0.98	[-]	Qos	38220	W	Qlat	0	W
Qlat	80025	W	Qos	109	W						
Qlj uk = 186968 W			Qmas uk = 109 W			Qsve uk = 38220 W			Qtp uk = 0 W		

Табела 22. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – оптимизовано стање, месец јул 14:00 сати[*]

1 SPRAT				PRODAJNI PROSTOR NOVO										Juli 18 h			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				**Qos = 176734 W**			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q" = 0 W/m3				**Qlat = 80025 W**			
Pregrade i otvori														**Quk = 256759 W**			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z2	I	90	0		789.82			0.663	17	15.5	0					8103	8103
Z2	S	0	0		475.19			0.663	11	9.5	0					2985	2985
Z2	J	180	0		716.97			0.663	17.8	16.3	0					7736	7736
Z2	Z	270	0		757.68			0.663	22	20.5	0					10285	10285

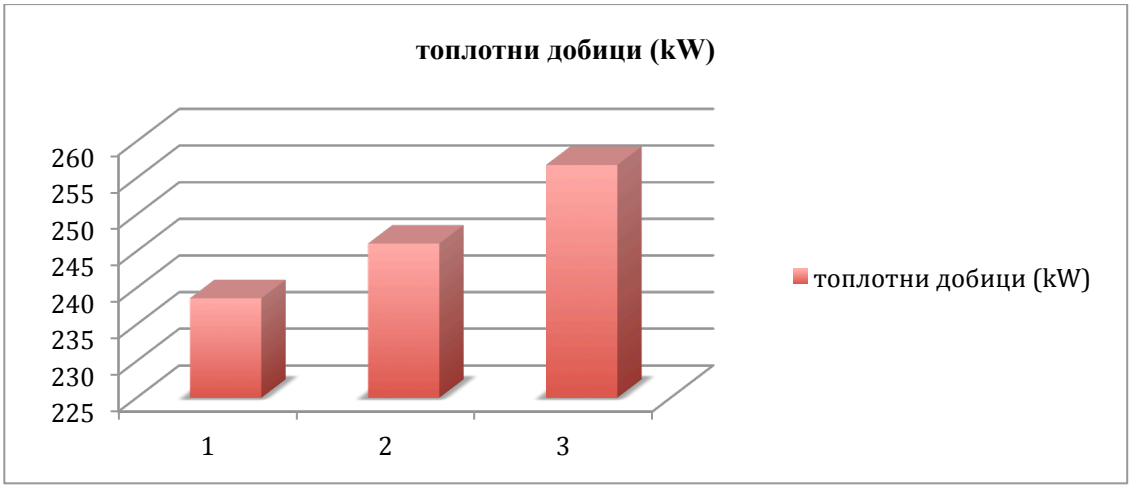
Opterećenja od unutrašnjih izvora											
Ljudi			Mašine			Svetiljke			Tehnološki procesi		
Broj	1454.9	kom	Qins	100	W	Qins	35000	W	qos		W/h
qos	75	W/č	k.e.m.	0.9	[-]	f1	1	[-]	qlat		W/h
qlat	55	W/č	k.o.m.	1	[-]	f2	1.2	[-]	CLF	0	[-]
CLF	0.99	[-]	k.u.m.	1	[-]	CLF	0.94	[-]	Qos	0	W
Qos	108034	[-]	CLF	0.99	[-]	Qos	39480	W	Qlat	0	W
Qlat	80025	W	Qos	110	W						
Qlj uk = 188059 W			Qmas uk = 110 W			Qsve uk = 39480 W			Qtp uk = 0 W		

Табела 23. Табеларни топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – оптимизовано стање, месец јул 18:00 сати [*]

Добијени резултати (Табела 21, 22, 23, 24, Графикон 6) показују да су највећи топлотни добици у месецу јулу у 18:00 сати за београдске климатске услове и износе 256.76 kW.

ЈУЛ			
време	12	14	18
топлотни добици (kW)	**238.57**	**246.03**	**256.76**

Табела 24. Табеларни приказ прорачуном добијених топлотних добитака за месец јул – унапређено стање [*]



Графикон 6. Графички приказ прорачунатих топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој уливи у Београду – унапређено стање, mesec јул , 1=12, 2=14, 3=18 сати [*]

Месец август

1 SPRAT				**PRODAJNI PROSTOR NOVO**										**Avgust 12 h**			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				**Qos = 159108 W**			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q" = 0 W/m3				**Qlat = 80025 W**			
Pregrade i otvori														**Quk = 239133 W**			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z2	I	90	0		789.82			0.663	18	15.5	-1					8103	8103
Z2	S	0	0		475.19			0.663	6	3.5	-1					1095	1095
Z2	J	180	0		716.97			0.663	9.8	12.3	4					5835	5835
Z2	Z	270	0		757.68			0.663	7	4.5	-1					2248	2248
Opterećenja od unutrašnjih izvora																	
Ljudi				Mašine				Svetiljke				Tehnološki procesi					
Broj	1454.9	kom		Qins	100	W		Qins	35000	W		qos		W/h			
qos	75	W/č		k.e.m.	0.9	[-]		fl	1	[-]		qlat		W/h			
qlat	55	W/č		k.o.m.	1	[-]		f2	1.2	[-]		CLF	0	[-]			
CLF	0.96	[-]		k.u.m.	1	[-]		CLF	0.88	[-]		Qos	0	W			
Qos	104760	[-]		CLF	0.96	[-]		Qos	36960	W		Qlat	0	W			
Qlat	80025	W		Qos	107	W											
Qlj uk = 184785 W				Qmas uk = 107 W				Qsve uk = 36960 W				Qtp uk = 0 W					

Табела 25. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – унапређено стање, месец август 12:00 сати [*]

1 SPRAT				PRODAJNI PROSTOR NOVO										Avgust 14 h			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				Qos = 166564 W			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q" = 0 W/m3				Qlat = 80025 W			
Pregrade i otvori														Quk = 246589 W			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z2	I	90	0		789.82			0.663	18	15.5	-1					8103	8103
Z2	S	0	0		475.19			0.663	8	5.5	-1					1725	1725
Z2	J	180	0		716.97			0.663	14.8	17.3	4					8212	8212
Z2	Z	270	0		757.68			0.663	9	6.5	-1					3253	3253

Opterećenja od unutrašnjih izvora											
Ljudi			Mašine			Svetiljke			Tehnološki procesi		
Broj	1454.9	kom	Qins	100	W	Qins	35000	W	qos		W/h
qos	75	W/č	k.e.m.	0.9	[-]	f1	1	[-]	qlat		W/h
qlat	55	W/č	k.o.m.	1	[-]	f2	1.2	[-]	CLF	0	[-]
CLF	0.98	[-]	k.u.m.	1	[-]	CLF	0.91	[-]	Qos	0	W
Qos	106942	[-]	CLF	0.98	[-]	Qos	38220	W	Qlat	0	W
Qlat	80025	W	Qos	109	W						
Qlj uk = 186968 W			Qmas uk = 109 W			Qsve uk = 38220 W			Qtp uk = 0 W		

Табела 26. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – унапређеноо стање, месец август 14:00 сати

1 SPRAT				PRODAJNI PROSTOR NOVO										Avgust 18 h			
Tun=26 C		h=12 m		P=7274.68 m2		V=87296.16 m3		Nivo: 2		Zona:				Qos = 177295 W			
TIPsun B		TIPlj A		TIPmaš A		TIPsve C		q' = 0 W/m2		q" = 0 W/m3				Qlat = 80025 W			
Pregrade i otvori														Quk = 257320 W			
Ozn	Orij	Dir	Tilt	Kom	Pov	Pos	Psen	k	CLTDt	CLTD	M	dt	SCLdif	SCL	Qzr	Qprol	Quk
Z2	I	90	0		789.82			0.663	17	14.5	-1					7580	7580
Z2	S	0	0		475.19			0.663	11	8.5	-1					2670	2670
Z2	J	180	0		716.97			0.663	17.8	20.3	4					9638	9638
Z2	Z	270	0		757.68			0.663	22	19.5	-1					9783	9783

Opterećenja od unutrašnjih izvora											
Ljudi			Mašine			Svetiljke			Tehnološki procesi		
Broj	1454.9	kom	Qins	100	W	Qins	35000	W	qos		W/h
qos	75	W/č	k.e.m.	0.9	[-]	f1	1	[-]	qlat		W/h
qlat	55	W/č	k.o.m.	1	[-]	f2	1.2	[-]	CLF	0	[-]
CLF	0.99	[-]	k.u.m.	1	[-]	CLF	0.94	[-]	Qos	0	W
Qos	108034	[-]	CLF	0.99	[-]	Qos	39480	W	Qlat	0	W
Qlat	80025	W	Qos	110	W						
Qlj uk = 188059 W			Qmas uk = 110 W			Qsve uk = 39480 W			Qtp uk = 0 W		

Табела 27. Табела топлотних добитака у објекту робне куће у Варешкој улици у Београду – оптимизовано стање, месец август 18:00 сати [*]

Добијени резултати (Табела 25,26,27,28) показују да су највећи топлотни добици у месецу августу у 18:00 сати за београдске климатске услове и износе 257.32 kW.

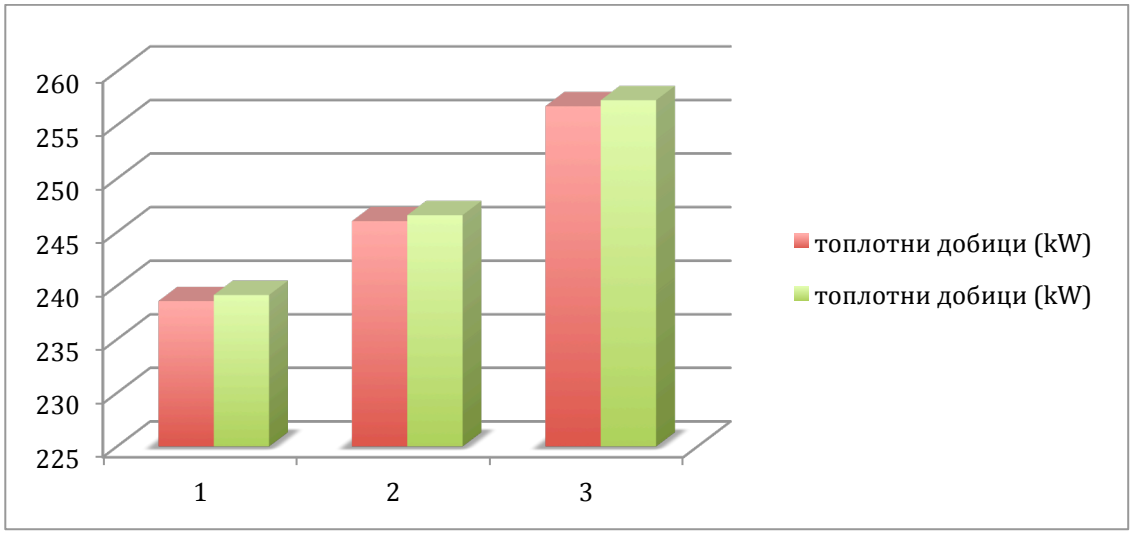
АВГУСТ			
време	12	14	18
топлотни добици (kW)	**239.14**	**246.59**	**257.32**

Табела 28. Табеларни приказ прорачуном добијених топлотних добитака за месец август – унапређено стање

време	12	14	18
топлотни добици (kW)	**238.57**	**246.03**	**256.76**
топлотни добици (kW)	**239.14**	**246.59**	**257.32**

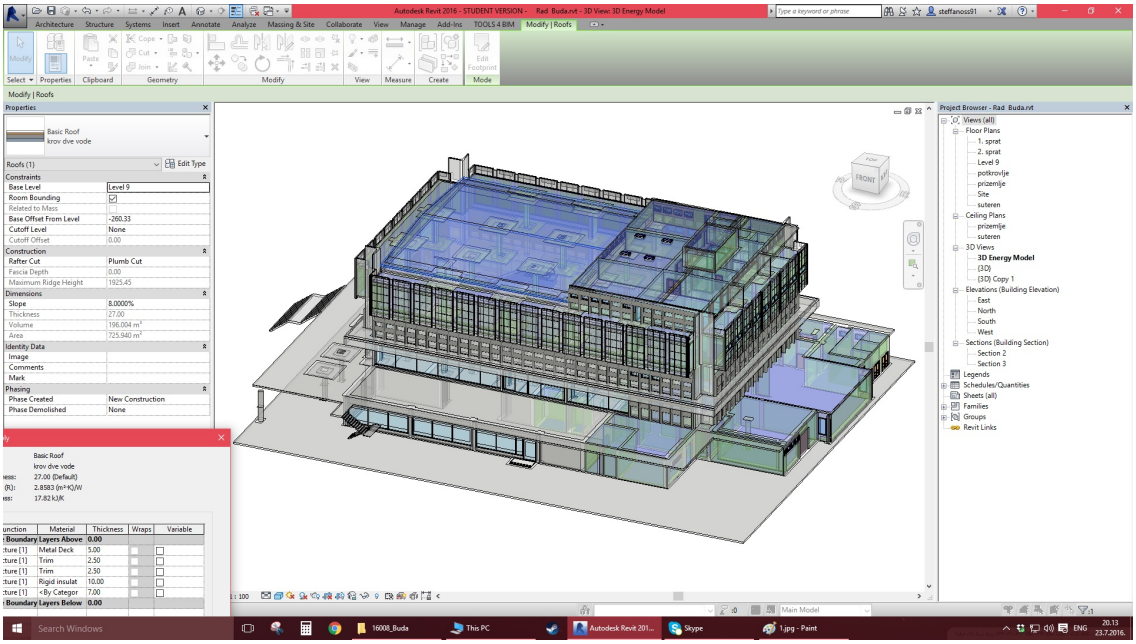
Табела 29. Табеларни упоредни приказ прорачунатих топлотних добитака за објекат робне куће за период јул – август, унапређео стање. [*]

Упоредном анализом (Табела 29, Графикон 7) остварених топлотних добитака у објекту за месеце јул и август уочава се да су бројчано топлотни добици у објекту већи у месецу августу него у месецу јулу. Највеће забележени топлотни добици су у августу, унапређени модел је у 18:00 часова који износе 257.32 kW, а најниже срачунати топлотни добици су у јулу, унапређени модел је у 12:00 сати и износе 239.14 kW.

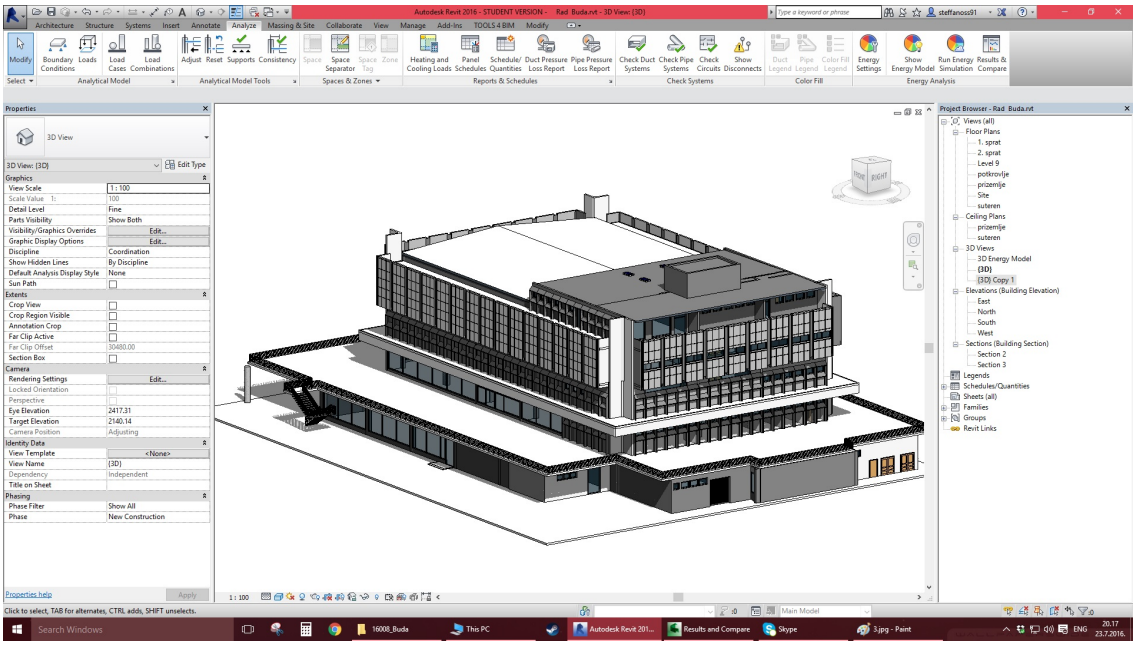


Графикон 7. Графички приказ упоредних вредности прорачунатих топлотних добитака за објекат робне куће у Варешкој улици у Београду за месец јул и август – постојеће стање 1=12, 2=14, 3=18 сати [*]

Изабрани хипотетички модел робне куће у Варешкој улици у Београду анализиран је у софтверу Revit Energy Analysis, ради провере енергетских перформанси објекта. Нумеричка симулација урађена је на основу климатских карактеристика Београдског климатског подручја, према подацима о материјалима употребљеним за изградњу објекта. Урађена су два модела, постојеће стање и унапређено стање. Резултати ове анализе виде се у прилогу овог истраживања. Евидентно је и у оваквој симулацији, смањење контактне температуре постојећег омотача и унапређење његових енергетских перформанси. Симулације постојећег стања и енергетске оптимизације објекта применом вегетационих зидова (Слика 116, 117,) урађене су на годишњем нивоу. Резултати су анализирани у интервслима од 12:00, 14:00, 19:00 сати. Резултати су компаративно анализирани у функцији смањења енергије за хлађење у летњем периоду и приказани су у Прилогу.

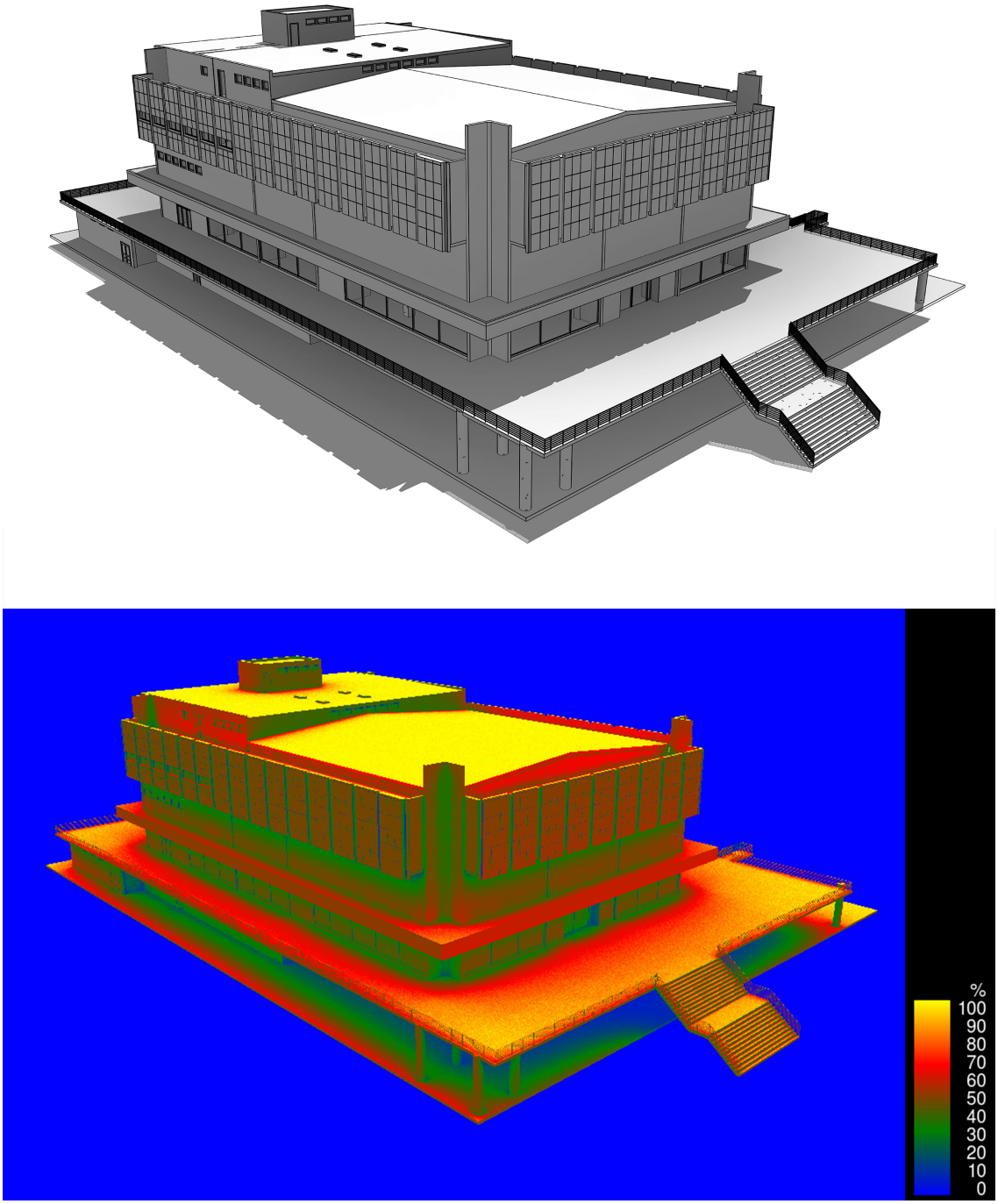


Слика 116. Приказ рада у програму за симулацију и енергетску анализу објекта [*]

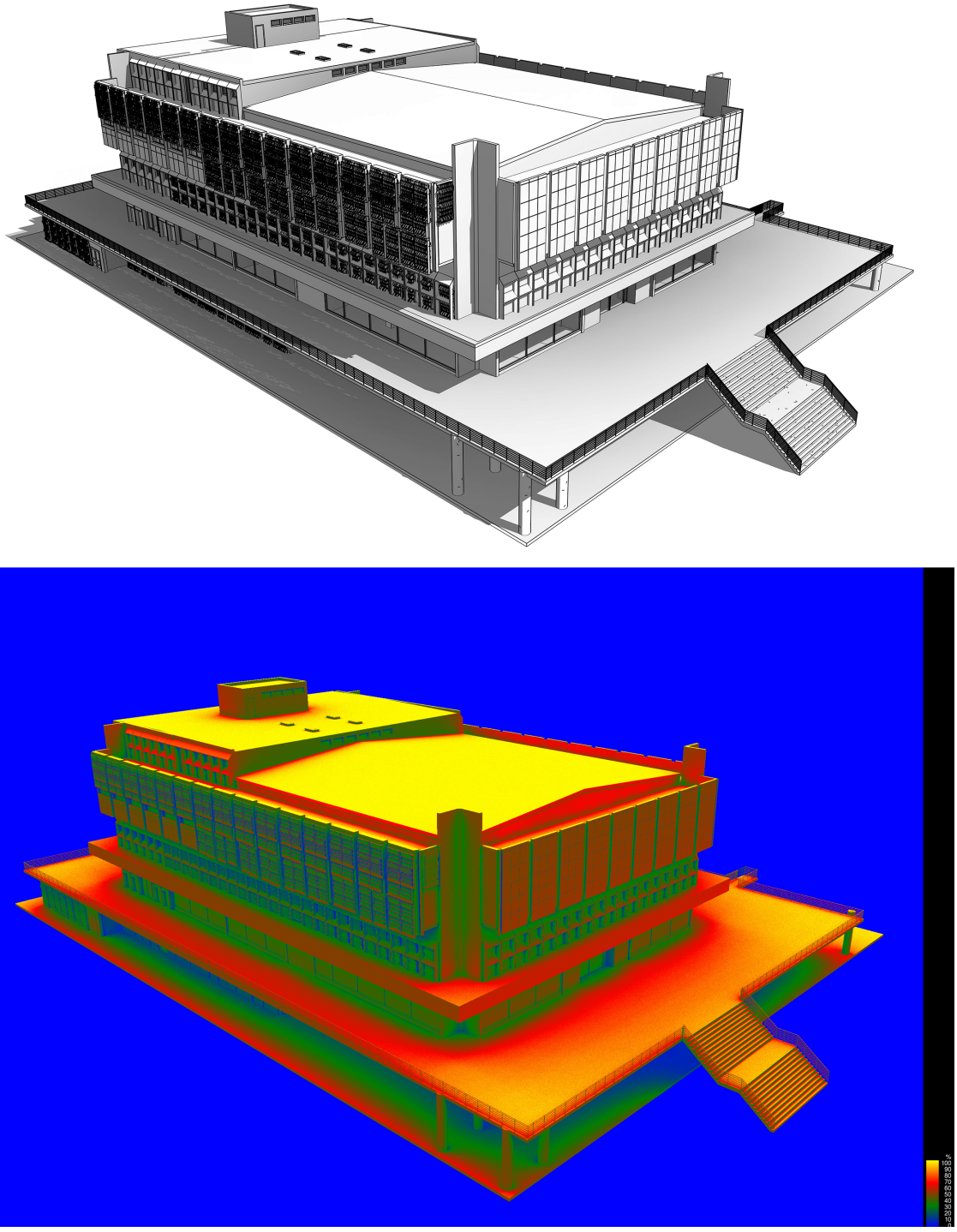


Слика 117. Приказ рада у програму за симулацију и енергетску анализу објекта [*]

Анализа и симулација (Слика 118, 119) у оквиру овог програма урађена је на основу изложености фасадног омотача дневном соларном зрачењу у Београдским климатским услвима и најзначајнији показатељ енергетских захтева за количином енергије за хлађење објекта у летњем режиму коришћења. Симулације су извршене према константним трансмисионим коефицијентима.



Слика 118. Графички приказ резултата симулације објекта робне куће – постојеће стање [*]



Слика 119. Графички приказ резултата симулације објекта робне куће – унапређеное стање [*]

Ради формулисања одређених закључака истраживања хипотетичког модела – робне куће у Варешкој улици у Београду, вредновање резултата је вршено на

основу процентуалног смањења топлотних добитака у објекту, који су основа за решавање и пројектовање система климатизације.

Према анализи резултата (Табела 30), вегетациони зидови утичу у знатној мери на смањење топлотних добитака код анализираног објекта у Београдским климатским условима.

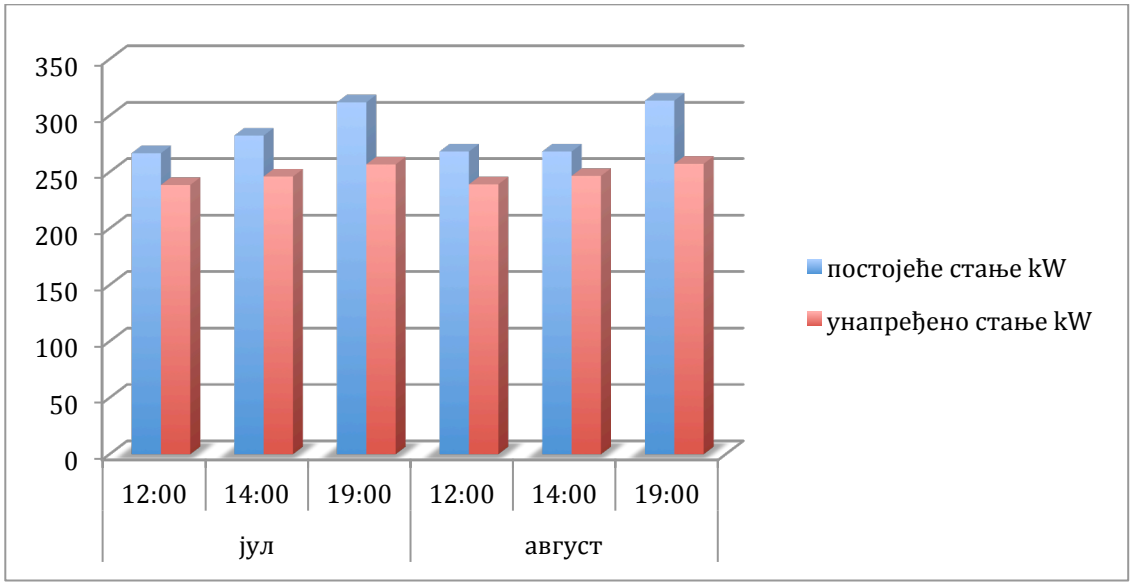
Термичке перформансе изабраног фасадног склопа су унапређене, али ни овакав склоп не задовољава минималне стандарде термичких својстава за Београдске климатске услове.

		постојеће стање kW	унапређено стање kW	разлика kW	проценат унапређења
јул	12:00	266.69	238.57	28.12	10.54
	14:00	282.29	246.03	36.26	12.84
	19:00	311.77	256.76	55.01	17.64
август	12:00	268.19	239.14	29.05	10.83
	14:00	268.19	246.59	21.6	8.05
	19:00	313.27	257.32	55.95	17.86

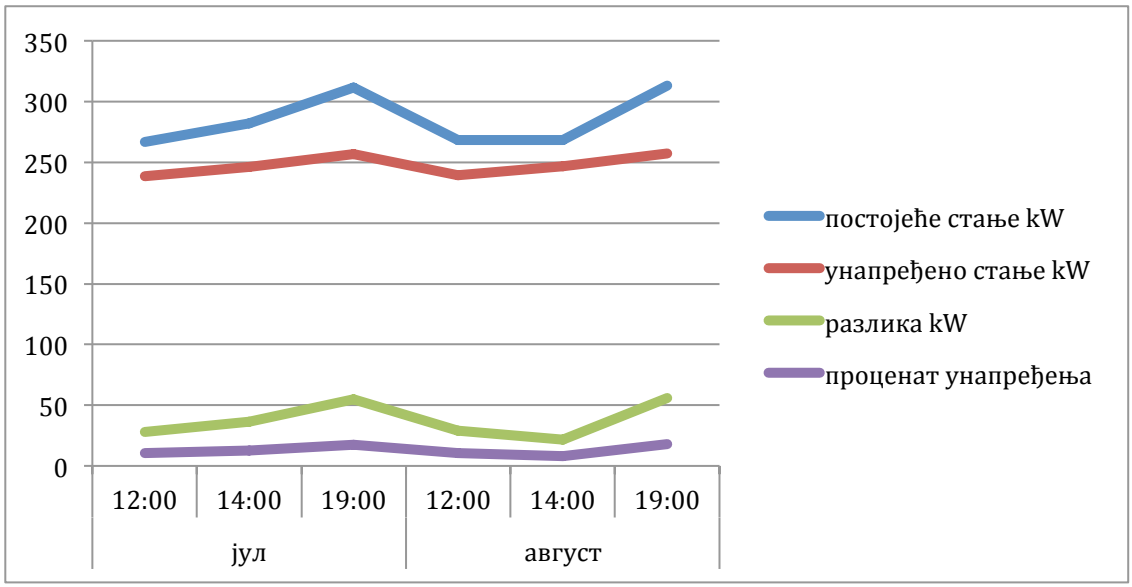
Табела 30. Табеларни приказ упоредних вредности прорачунатих топлотних добитака за хипотетички модел у Београдским климатским условима [*]

Упоредна анализа (Графикон 8, 9) показује да бројчано највеће топлотне добитке објекат има у августу месецу у 19:00 сати са вредношћу од 313.27 кW, и да анализирајући унапређено стање, процентуално највеће унапређење од 17.86% добија се у том периоду.

Најмању процентуалну оптимизацију објекат има у августу месецу у 14:00 од 8.05%. Ако се упросече процентуалне вредности, применом вегетационих зидова у омотаче објеката у Београдским климатским условима добија се процентуална оптимизација од 12%.



Графикон 8. Графички приказ прорачунских топлотних добитака објекта, постојеће стање, унапређено стање [*]



Графикон 9. Графички приказ односа постојећег стања, унапређења и процента унапређења [*]

7.1.2 Евалуација практичних модела

Досадашња истраживања су показала да вегетациони зидови (Слика 120 а,б) највише доприноса дају као пасивни елементи у енергетској ефикасности објеката. Они утичу на омотач зграде као топлотна изолација, пре свега количином листова по јединици површине засађеног модула.

а) б)



Слика 120. Приказ постављања вегетационог зида у Београду, а) модуларни елементи М1, М2, М3., б) постављање основне носеће конструкције експерименталног модела

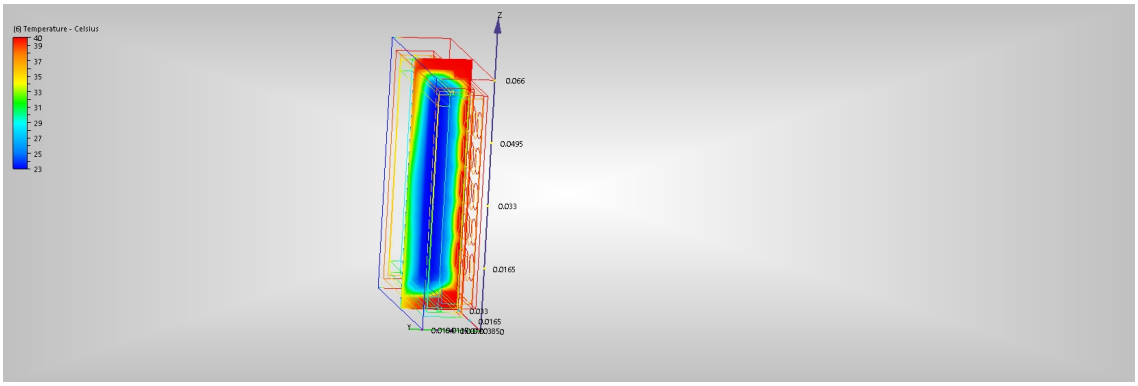
Остали елементи модула вегетационог зида (Слика 121 а,б) такође учествују у обрачуну (Слика 122 123), а то се пре свега односи на дебљину садног слоја (земљишта), садржаја влаге, привидне густине земљишта. Евапоративни размена ваздуха између вегетације и спољашњег ваздуха има утицај на топлотне токове у фасадном омотачу, али она у овом експерименту није мерена.

а) б)



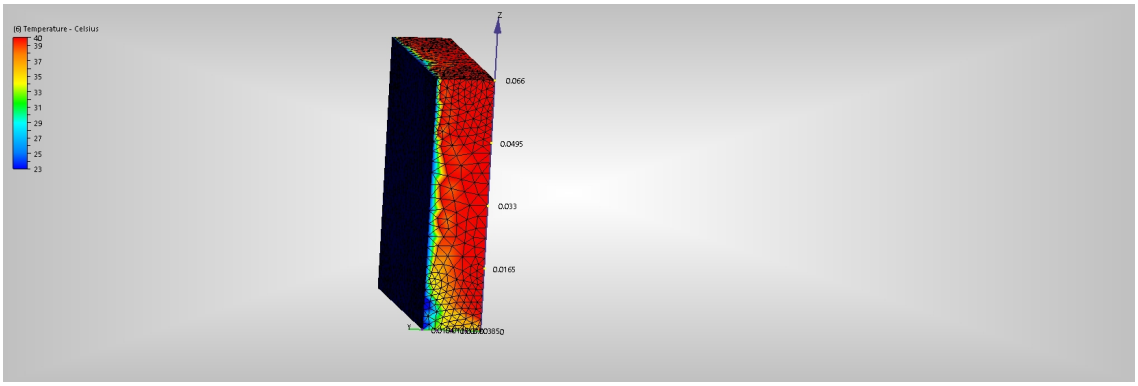
Слика 121. Експериментални вегетациони зид. а) Основна конструкција, б)Модуларни елементи M1, M2, M3. [*]

Прикупљање података вршено је осам недеља свакодневно, три пута дневно. Вегетациони зид (Слика 124) је због своје мобилности, премештан у односу на орјентацију према странама света у трајању од по две недеље. Мерења су вршена у 7:00, 14:00, и 21:00 часова. Вегетациони зид је опремљен аутоматизованим системом за поливање. Поливање је вршено два пута дневно у трајању од по пет минута, са додатком раствора минералног ђубрива.



Слика 122. Приказ термичке симулације модела M1, рађен у програму Autodesk Simulation CFD 2015[*]

Температура ваздуха за период јул, август 2015.год у време вршења експеримента узета је из Метеоролошког годишњака 1. Климатолошки подаци за 2015. Год Републичког Хидрометеоролошког завода, Републике Србије. За Београд су дати подаци на основу географске ширине од 44 º 48’ дужине 20º 28’ и надморске висине 132m.



Слика 123. *Приказ термичке симулације модела М2, рађен у програму Autodesk Simulation CFD 2015* [*]



Слика 124. Експериментални вегетациони зид [*]

а)

температура ваздуха				
	7:00	14:00	21:00	средња
1.7	19.4	27.8	22.4	23.0
2.7	22.2	28.8	26.3	25.7
3.7	20.8	29.2	24.2	24.6
4.7	21.1	30.3	25.3	25.5
5.7	22.0	32.3	26.7	26.9
6.7	25.6	33.2	27.1	28.3
7.7	26.0	34.2	28.4	29.3
8.7	28.6	37.0	29.8	31.3
9.7	19.7	23.5	20.8	21.2
10.7	18.3	25.2	20.4	21.1
11.7	19.0	26.6	22.6	22.7
12.7	22.7	30.7	25.1	25.9
13.7	24.9	26.6	22.6	24.2
14.7	20.6	26.8	23.1	23.4
15.7	24.0	29.9	26.8	26.9
16.7	26.1	33.5	27.8	28.8
17.7	28.0	35.6	30.2	31.0
18.7	27.2	35.7	31.0	31.2
19.7	27.4	37.5	30.0	31.2
20.7	27.4	33.8	29.4	30.0
21.7	26.3	34.2	29.8	30.0
22.7	27.7	36.5	32.2	32.2
23.7	29.0	37.0	30.2	31.6
24.7	24.4	35.3	30.3	30.1
25.7	27.6	36.0	29.2	30.5
26.7	22.9	26.1	23.2	23.9
27.7	22.2	31.1	20.1	23.4
28.7	19.9	28.7	24.6	24.5
29.7	25.2	33.4	27.9	28.6
30.7	21.1	28.6	23.0	23.9
31.7	19.0	19.0	18.6	18.8

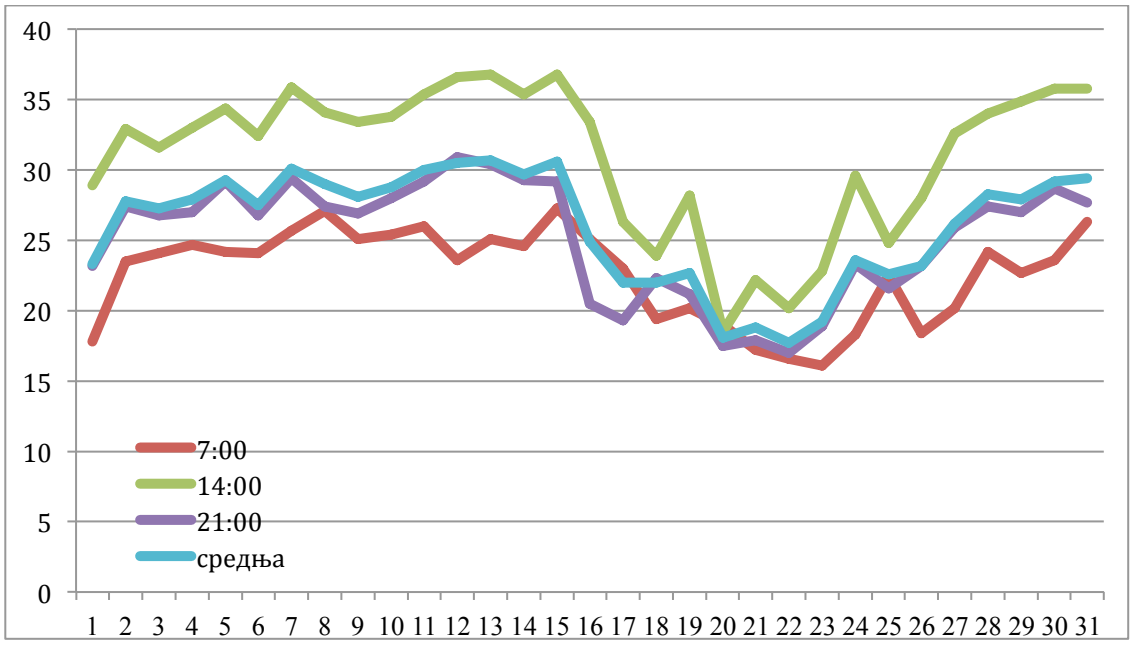
б)

температура ваздуха				
датум	7:00	14:00	21:00	средња
1.8	17.8	28.9	23.2	23.3
2.8	23.5	32.9	27.4	27.8
3.8	24.1	31.6	26.8	27.3
4.8	24.7	33.0	27.0	27.9
5.8	24.2	34.4	29.2	29.3
6.8	24.1	32.4	26.8	27.5
7.8	25.7	35.9	29.4	30.1
8.8	27.1	34.1	27.4	29.0
9.8	25.1	33.4	26.9	28.1
10.8	25.4	33.8	28.0	28.8
11.8	26.0	35.4	29.2	30.0
12.8	23.6	36.6	30.9	30.5
13.8	25.1	36.8	30.4	30.7
14.8	24.6	35.4	29.3	29.7
15.8	27.3	36.8	29.2	30.6
16.8	25.1	33.4	20.5	24.9
17.8	23.0	26.3	19.3	22.0
18.8	19.4	23.9	22.3	22.0
19.8	20.2	28.2	21.2	22.7
20.8	19.0	18.5	17.5	18.1
21.8	17.2	22.2	17.9	18.8
22.8	16.6	20.2	17.0	17.7
23.8	16.1	22.8	18.9	19.2
24.8	18.3	29.6	23.3	23.6
25.8	22.5	24.8	21.6	22.6
26.8	18.4	28.0	23.2	23.2
27.8	20.2	32.6	25.9	26.2
28.8	24.2	34.0	27.4	28.3
29.8	22.7	34.9	27.0	27.9
30.8	23.6	35.8	28.7	29.2
31.8	26.3	35.8	27.7	29.4

Табела 31. Табеларни преглед измерене температуре у Београду за месеце а) јул и б)август 2015.год. [*]

Из табеле (Табела 31) се може закључити да је највиша измерена температура у овом периоду 37°Ц измерена 23.07.2015.год у 14:00 часова, а да је најнижа измерена температура 16.1°Ц измерена 23.8.2015.год у 7:00 часова. Уочава се да

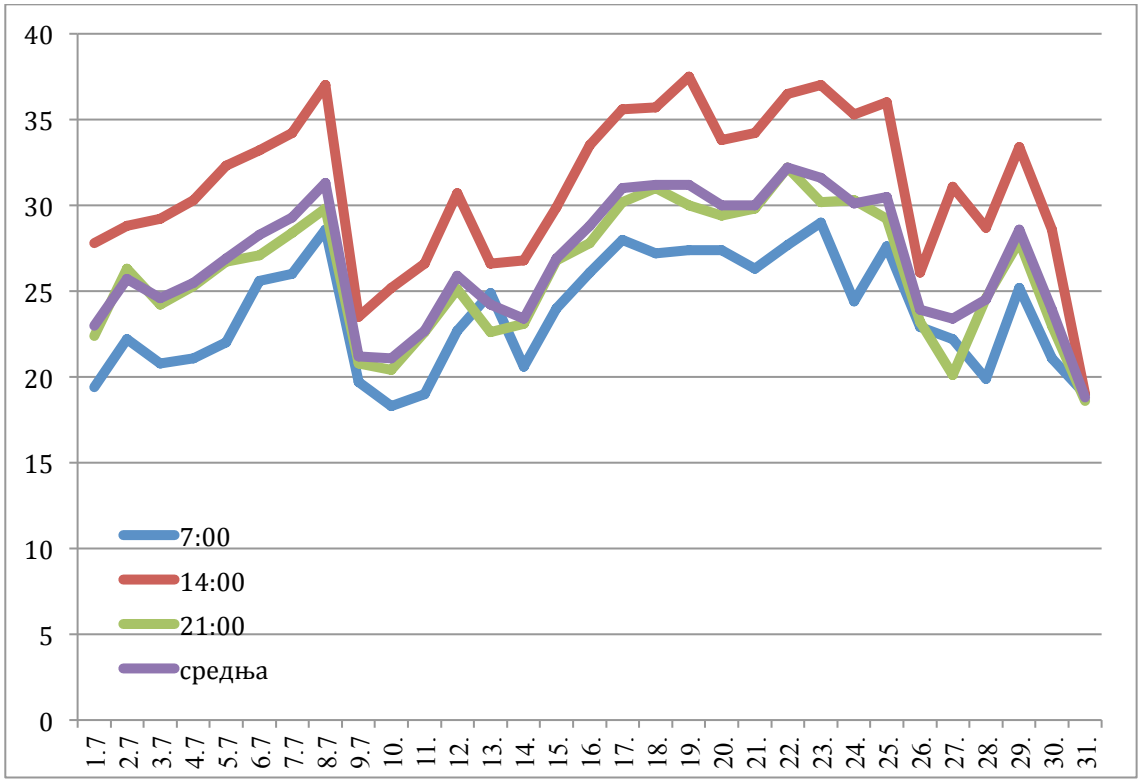
је највиша просечно температура ваздуха у јулу износила 32.2 °Ц забележена 22.07.2015. год., а најнижа 18.8 °Ц измерена 31.07.2015.год., док је највиша просечна дневна температура у августу износила 30.6 °Ц забележена 15.8.2015. а најнижа 18.1 °Ц измерена 20.8.2015.год. (Графикон 10, 11).



Графикон 10. Графички приказ упоредних вредности измерене температуре ваздуха у Београду у месецу јулу 2015. Год. [*]

Средња просечна температура измерена у јулу месецу износила је 26.76 °Ц , а у месецу августу 26.10 °Ц. Највећа измерена влажност ваздуха[94] (Табела 13) у истим периодима према мерењима Хидрометеоролошког завода у Београду је била 17.08.2015.год. и износила је 93% у 21:00 часова, а најнижа 21% измерена 11.08.2015.год у 14:00 часова. Највиша средња вредност (Табела 32, Графикон 12, 13) влажности ваздуха у јулу месецу је 62% измерена 9.07.2015.год, а најнижа 33%, измерена 25.07.2015.год. У августу месецу највиша средња вредност влажности ваздуха измерена је 20.08.2015.год. са вредношћу од 86%, а најнижа 32%, измерена 11.08.2015.год. (Графикон 5, 6).

[94] Релативна влажност ваздуха представља степен засићености ваздуха воденом паром, а изражава се у процентима (%).



Графикон 11. Графички приказ упоредних вредности измерене температуре ваздуха[95] *у Београду у месецу августу 2015. Год.* [*]

а) б)



Слика 125. Мерење контактне температуре на површини модула М2 апаратом за безконтактно мерење температуре Professional High temperature infrared termometer[*]

[95] Према http://www.rgf.bg.ac.rs/, температура ваздуха Зависи од сунчеве радијације, односно од топлотног биланса.

а)

	7:00	14:00	21:00	средња
1.7	77	37	48	54
2.7	67	40	51	53
3.7	55	37	52	48
4.7	67	36	49	51
5.7	59	31	50	47
6.7	53	36	54	48
7.7	58	35	51	48
8.7	50	31	45	42
9.7	77	54	56	62
10.7	56	34	44	45
11.7	47	34	49	43
12.7	51	33	48	44
13.7	52	49	54	52
14.7	72	44	59	58
15.7	58	42	53	51
16.7	48	34	43	42
17.7	46	32	45	41
18.7	54	35	44	44
19.7	59	33	50	47
20.7	58	50	44	51
21.7	58	31	42	44
22.7	56	29	40	42
23.7	47	24	38	36
24.7	66	30	37	44
25.7	34	25	39	33
26.7	71	48	48	56
27.7	44	39	74	52
28.7	78	40	46	55
29.7	37	31	47	38
30.7	70	42	53	55
31.7	70	79	76	75

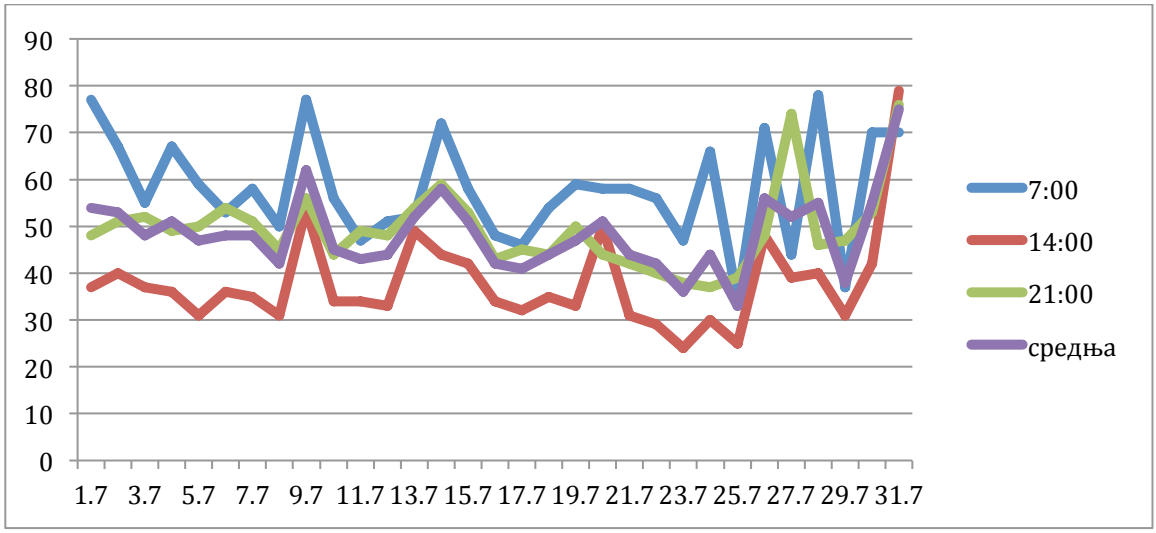
б)

	7:00	14:00	21:00	средња
1.8	78	36	68	60
2.8	61	41	52	51
3.8	64	43	59	55
4.8	67	30	56	51
5.8	63	29	47	46
6.8	71	42	49	54
7.8	55	25	44	51
8.8	42	30	36	36
9.8	48	30	39	39
10.8	52	22	38	37
11.8	42	21	32	32
12.8	51	26	33	37
13.8	53	27	37	39
14.8	56	32	42	43
15.8	43	24	41	36
16.8	54	32	82	56
17.8	67	53	93	71
18.8	89	62	64	72
19.8	71	36	86	64
20.8	87	92	80	86
21.8	76	61	74	70
22.8	79	63	75	72
23.8	76	51	69	65
24.8	73	39	54	55
25.8	56	64	75	65
26.8	91	52	69	71
27.8	84	34	41	53
28.8	42	32	45	40
29.8	70	26	52	49
30.8	59	29	43	44
31.8	51	30	48	43

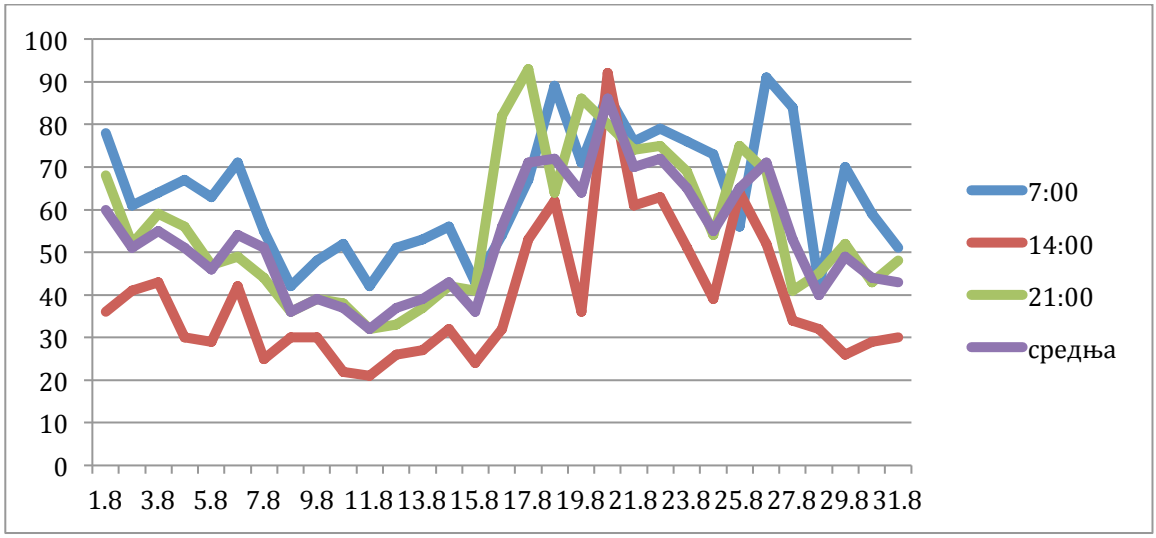
Табела 32. Табеларни приказ измерене влажности ваздуха у Београду по данима у три временска интервала, а) месец јул, б) месец август [*]

Када се говори о средњој вредности дужине инсолације[96] у мерним периодима у Београду увиђа се њена уравнотеженост за месеце јул и август. Просечна средња

[96] Према http://www.solarnipaneli.org, Тотална ирадијација се дефинише као количина долазне зрачене енергије од стране било ког извора и било којих таласних дужина, не само видљиве светлости (видљива светлост представља само део спектра електромагнетног зрачења), која у



Графикон 12. Графички приказ упоредних вредности мерења влажности ваздуха у Београду по данима у три временска интервала за месец јул 2015.год. [*]



Графикон 13. Графички приказ упоредних вредности мерења влажности ваздуха у Београду по данима у три временска интервала за месец август 2015.год. [*]

дневна дужина инсолације у Београду (Табела 33, Графикон 14,15) износила је око девет сати. Највише измерена дужина инсолације у Београду за месеце јул и август забележена је 3.07.2015. год. у дужини од 13.7 сати, а најнижа измерена 31.07. у дужини од 0.5 сати (Табела 14, Графикон 7, 8).

јединици времена падне нормално на јединицу површине. Када се односи на зрачење Сунца зове се соларна ирадијација или инсолација.

а)

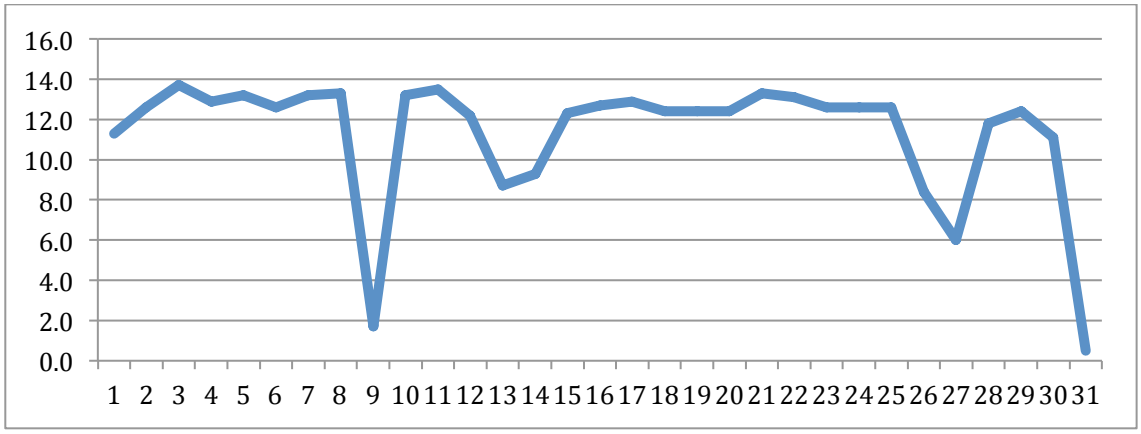
1.7	11.3
2.7	12.6
3.7	13.7
4.7	12.9
5.7	13.2
6.7	12.6
7.7	13.2
8.7	13.3
9.7	1.7
10.7	13.2
11.7	13.5
12.7	12.2
13.7	8.7
14.7	9.3
15.7	12.3
16.7	12.7
17.7	12.9
18.7	12.4
19.7	12.4
20.7	12.4
21.7	13.3
22.7	13.1
23.7	12.6
24.7	12.6
25.7	12.6
26.7	8.4
27.7	6.0
28.7	11.8
29.7	12.4
30.7	11.1
31.7	0.5

б)

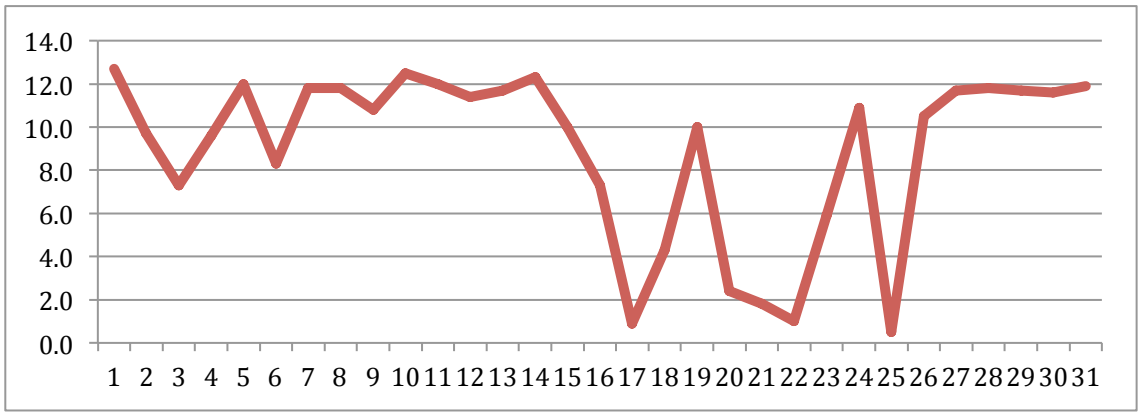
1.8	12.7
2.8	9.7
3.8	7.3
4.8	9.6
5.8	12.0
6.8	8.3
7.8	11.8
8.8	11.8
9.8	10.8
10.8	12.5
11.8	12.0
12.8	11.4
13.8	11.7
14.8	12.3
15.8	10.0
16.8	7.3
17.8	0.9
18.8	4.3
19.8	10.0
20.8	2.4
21.8	1.8
22.8	1.0
23.8	5.9
24.8	10.9
25.8	0.5
26.8	10.5
27.8	11.7
28.8	11.8
29.8	11.7
30.8	11.6
31.8	11.9

Табела 33. Табеларни приказ измерене средње вредности инсолације у Београду по месецима а) јул, б) август 2015. [*]

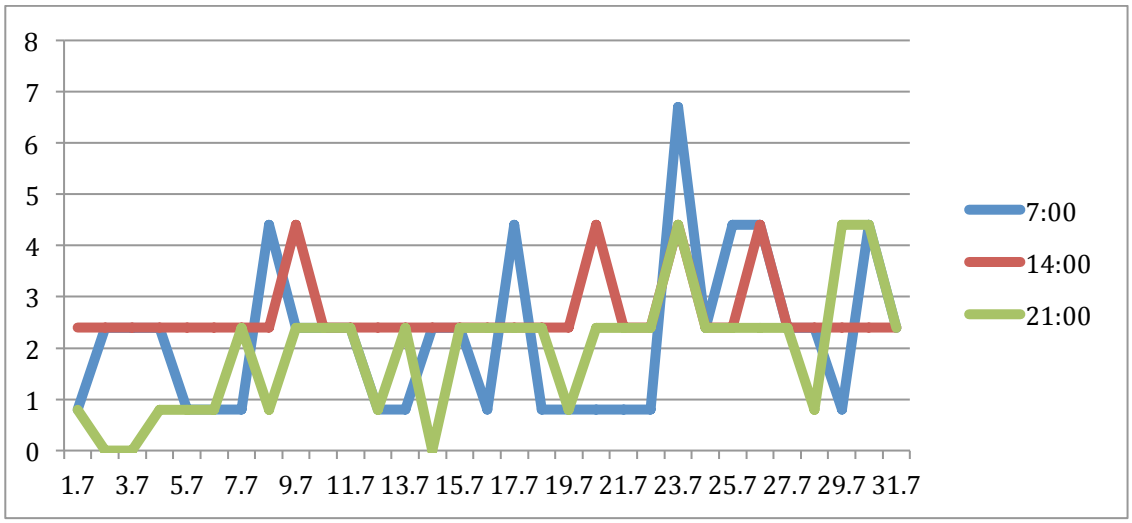
За посматрани период ветар је дувао (Табела 34, Графикон 16,17) смањеним интензитетом прменљивог правца. Највећа измерена брзина ветра у месецу јулу забележена је 23.07.2015. год. у 7:00 са брзином од 6.7 м/с, а најнижа вредност 2.7. и 14.07. у 21:00 сати са брзином од 0.0 м/с. У месецу августу највиша брзина ветра измерена је 2.8. и износила је 6.7 м/с, у 7:00 сати, а најнижа 30.08. у 7:00 са вредношћу 0.0 м/с. (Табела 15, Графикон 9, 10).



Графикон 14. Графички приказ измерене средње вредности инсолације у Београду за месец јул 2015. год. према подацима Хидрометеоролошког завода из Београда [*]



Графикон 15. *Графички приказ измерене средње вредности инсолације у Београду за месец август 2015. год. Према подацима Хидрометеоролошког завода из Београда* [*]



Графикон 16. Графички приказ измерене јачине ветра у Београду по данима за месе јул 2015. [*]

а)

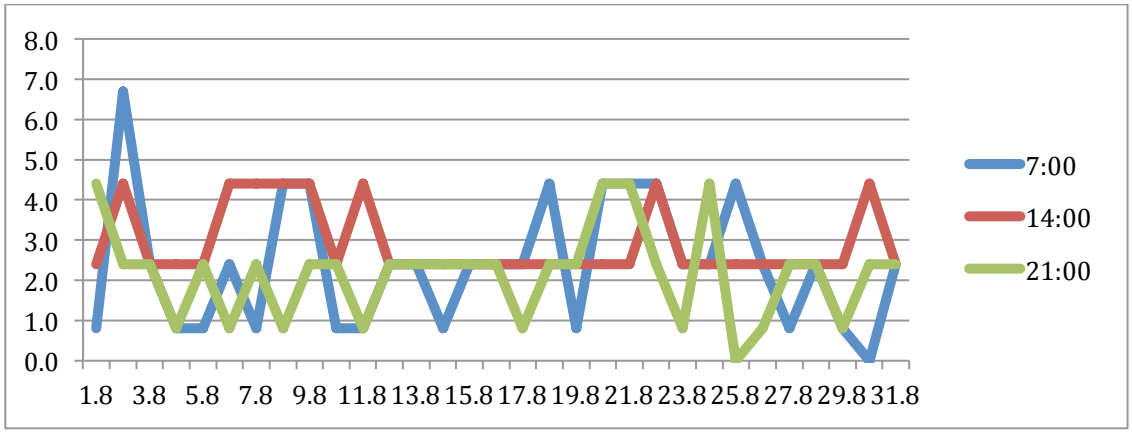
	7:00	14:00	21:00
1.7	0.8	2.4	0.8
2.7	2.4	2.4	0.0
3.7	2.4	2.4	0.0
4.7	2.4	2.4	0.8
5.7	0.8	2.4	0.8
6.7	0.8	2.4	0.8
7.7	0.8	2.4	2.4
8.7	4.4	2.4	0.8
9.7	2.4	4.4	2.4
10.7	2.4	2.4	2.4
11.7	2.4	2.4	2.4
12.7	0.8	2.4	0.8
13.7	0.8	2.4	2.4
14.7	2.4	2.4	0.0
15.7	2.4	2.4	2.4
16.7	0.8	2.4	2.4
17.7	4.4	2.4	2.4
18.7	0.8	2.4	2.4
19.7	0.8	2.4	0.8
20.7	0.8	4.4	2.4
21.7	0.8	2.4	2.4
22.7	0.8	2.4	2.4
23.7	6.7	4.4	4.4
24.7	2.4	2.4	2.4
25.7	4.4	2.4	2.4
26.7	4.4	4.4	2.4
27.7	2.4	2.4	2.4
28.7	2.4	2.4	0.8
29.7	0.8	2.4	4.4
30.7	4.4	2.4	4.4
31.7	2.4	2.4	2.4

б)

	7:00	14:00	21:00
1.8	0.8	2.4	4.4
2.8	6.7	4.4	2.4
3.8	2.4	2.4	2.4
4.8	0.8	2.4	0.8
5.8	0.8	2.4	2.4
6.8	2.4	4.4	0.8
7.8	0.8	4.4	2.4
8.8	4.4	4.4	0.8
9.8	4.4	4.4	2.4
10.8	0.8	2.4	2.4
11.8	0.8	4.4	0.8
12.8	2.4	2.4	2.4
13.8	2.4	2.4	2.4
14.8	0.8	2.4	2.4
15.8	2.4	2.4	2.4
16.8	2.4	2.4	2.4
17.8	2.4	2.4	0.8
18.8	4.4	2.4	2.4
19.8	0.8	2.4	2.4
20.8	4.4	2.4	4.4
21.8	4.4	2.4	4.4
22.8	4.4	4.4	2.4
23.8	2.4	2.4	0.8
24.8	2.4	2.4	4.4
25.8	4.4	2.4	0.0
26.8	2.4	2.4	0.8
27.8	0.8	2.4	2.4
28.8	2.4	2.4	2.4
29.8	0.8	2.4	0.8
30.8	0.0	4.4	2.4
31.8	2.4	2.4	2.4

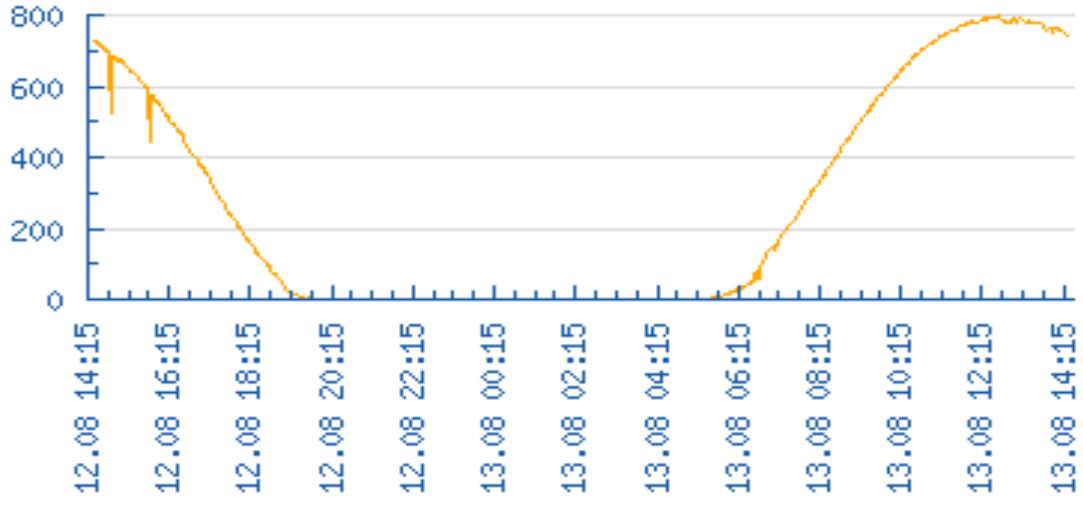
Табела 34. Табеларни приказ измерених вредности интензитета ветра[97] *у Београду по месецима а) јул, б) август* [*]

[97] Према http://www.vjetroelektrane.com, ветар најједноставније можемо описати као струјање ваздушних маса које настаје услед разлике температура. Струјањем ваздуха долази до трења, односно губитка кинетичке енергије у додиру са чврстом подлогом, што као резултат има разлику у брзини струјања у простору и времену.



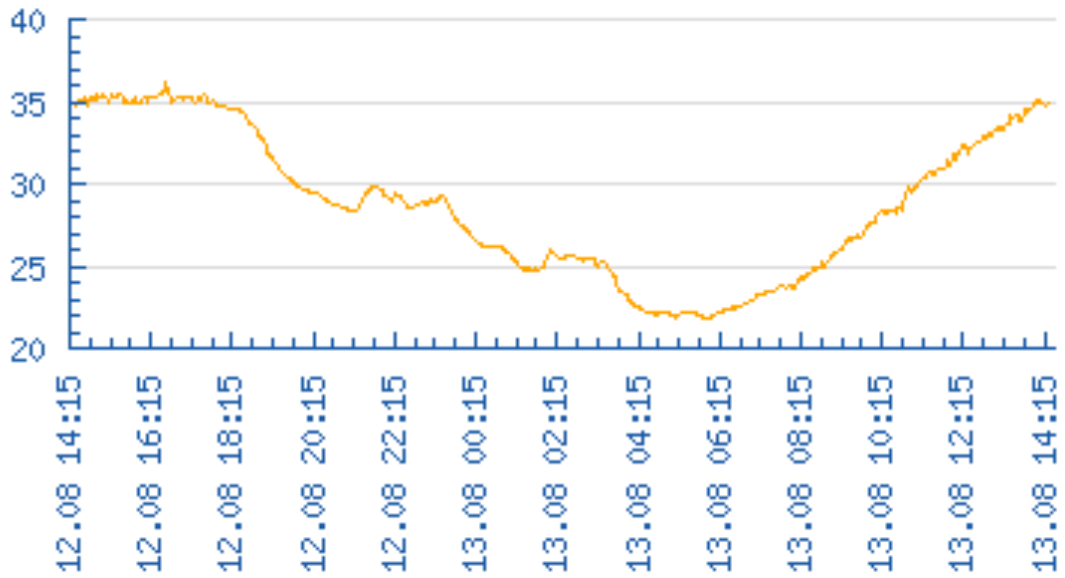
Графикон 17. Графички приказ измерене јачине ветра у Београду по данима за месец август 2015.

Упоредном анализом спољашњих локалних климатских услова и фактора који утичу на количину топлоте коју прима фасадни омотач може се закључити да су те вредности, за посматрани период у граничним средњим вредностима за Београдско климатско подручје (Графикон 18, 19).



Графикон 18. Графички приказ интензитета сунчевог зрачења у Београду за да 12.08.2015. год. према подацима Хидрометеоролошког завода из Београда [118]

Услед неједноликог загревања Земљине површине долази до загревавања ваздушних маса. Топли ваздух уздиже се на десетак км у екваторијалном појасу, те се усмерава према половима и закреће под утицајем Земљине ротације. Хладан ваздух попуњава настале празнине и на тај начин узрокује сталне ветрове.

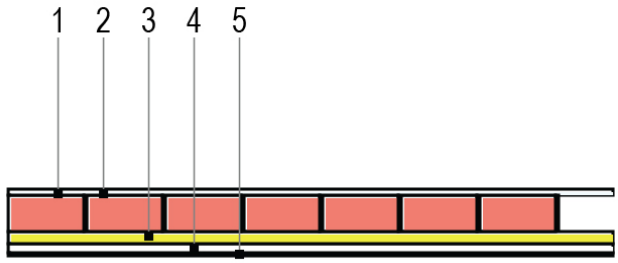


Графикон 19. Графички приказ температурних промена по сатима у Београду за дан 12.08.2015. према подацима Хидрометеоролошког завода из Београда [118]

Практична мерења на моделу вегетационог зида вршена су свкодневно у различитим тачкама, спољашњој контактној површини фасадног омотача без и са вегетацијом, на контактним површинама модела М1, М2, М3 и у унутрашњости просторије на којој је аплициран вегетациони зид. С обзиром на временски период када су вршена мерења, вегетациони зид је озелењен максималним вредностима лисне површине. Мерења температуре вршена су контактним термометром (Слика 91б) и бесконтактним мерачем температуре (Слика 90), (Professional High temperature infrared thermometer). Брзина ветра мерена је анемометром JT- 816. (Слика 91 а). Упоредна вредност измерених вредности дата је у табеларно у прилогу, где се може увидети утицај орјентације вегетационог зида на контактну температуру фасадног зида са спољашњим вредностима локалних климатских утицаја. У периоду од 01.07.2015. год. – 14.07.2015. год. вегетациони зид је био постављен на јужној страни, од 15.07.2015. – 31.07.2015. на источној страни, од 01.08.2015. – 14.08.2015. год. на западној страни и од 15.08.2015. – 31.08.2015. год. на северној страни објекта. Уочава се да контактна температурна разлика највећа у мерном времену 14:00 часова, када је исказана и највиша спољашња температура ваздуха. Температурне разлике постоји и у односу на моделе М1, М2, М3.

Фасадни зидови (Слика 126) на којима постављан вегетациони зид, у односу на орјентацију према странама света био је исте структуре. Његову структуру чинили су:

1.Продужни кречни малтер 2цм
2.Пуна опека 25 цм
3.Продужни кречни малтер 2 цм
4.Камена вуна 4 цм
5.Продужни малтер 3цм



Слика 126. Фасадни склоп на који је имплементиран вегетациони зид

За појединачну анализу модела М1, М2, М3 претпостављени су следећи заједнички параметри:

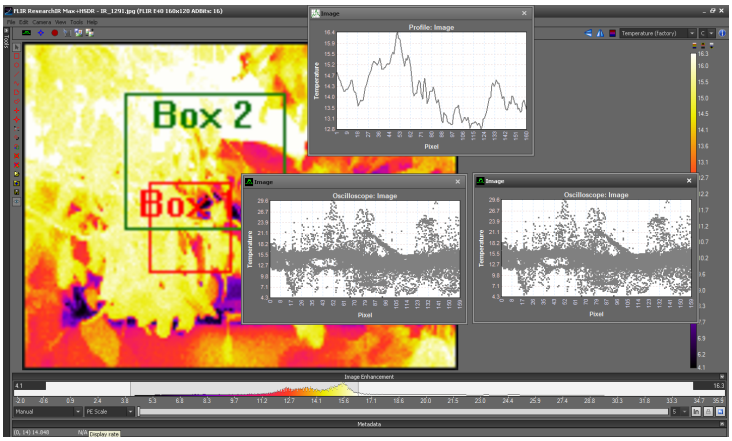
- Сва три модела третирана су у истим временским периодима и према истим орјентацијама света.
- Спољна температура узета је као средња температурна вредност за период у ком је вегатациони зид био изложен сунчевом зрачењу.
- Спољне температурне вредности за сва мерна времена дата су у прилогу
- Апсолутне температуре задатих елемената дате су као средње вредности
- Степен озелењавања модела је приближно исти
- Аутоматско заливање модела вршено је два пута дневно у истим временским периодима
- Сви модели су направљени од водоотпорне шпер плоче
- Може се уочити повећање средње спољашње температуре ваздуха, с обзиром на нејаднаковремено мерење задатих температура у односу на стране свет

а) б)



Слика 127. Мерење температуре а)мерење температуре ваздуха б)контактни термометар за мерење температуре [*]

Поред мерења контактне температуре (Слика 127) задатих елемената експерименталног модела контактним и безконтактним термометрима , сваки од модела, а и цео вегетациони зид сниман је термографском камером (Слика 125, 128, 129) произвођача FLIR е 40.



Слика 128. Приказ термовизијске анализе практичних модела у софтверском пакету FLIR ResearchIR Max + HSDR. [*]

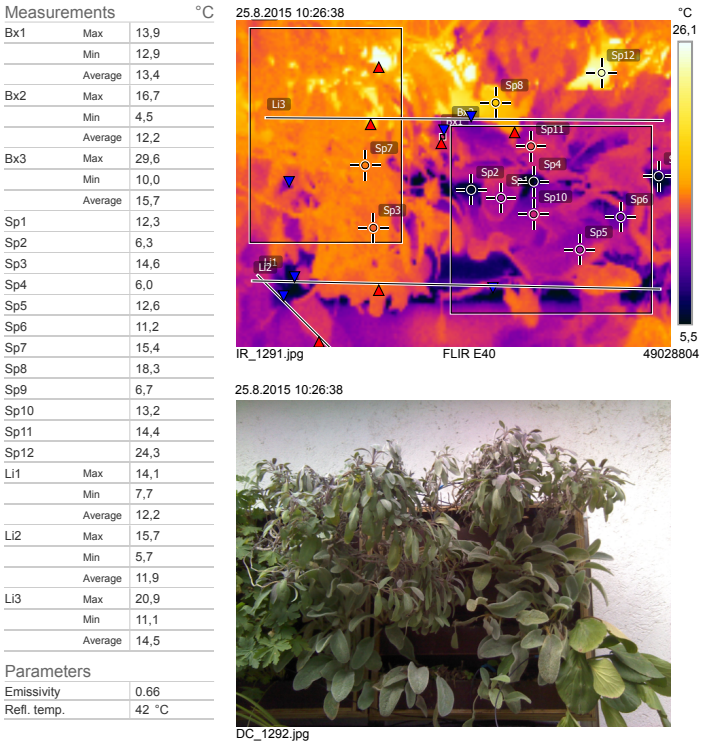
а) б)



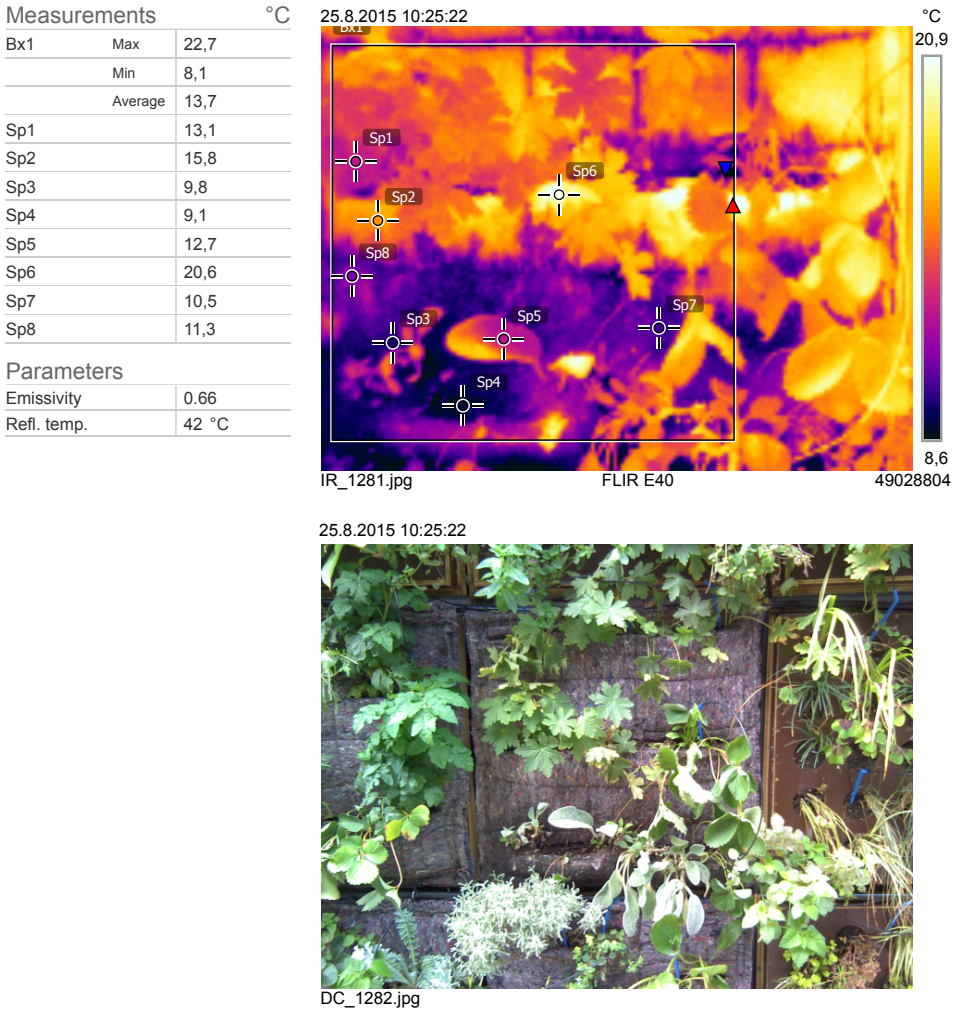


Слика 129. Снимање вегетационог зида термовизијском камером а) снимање б) камера

Анализа фотографија вршена је у софтверском програму FLIR ResearchIR Max + HSDR. (Слика 130, 131).



Слика 130. Анализа термовизијског снимка



Слика 131. Анализа термовизијског снимка [*]

Анализирајући добијене резултате уочљиво је да постоји температурна разлика делова фасадног омотача који је третиран вегетацијом у односу на делове где то не постоји. Температурна разлика у маркираним површинама износи 10.7 °Ц. Софтверске анализе практичног вегетационог зида и модела М1, М2, М3 налазе се у прилогу.

У анализи појединачних модела М1, М2, М3 констатују се температурне вредности дефинисаних елемената на којима је вршено контактно мерење температуре, као и упоредна компарација добијених резултата. У анализи су узимане средње вредности измерених температура.

Модел М1. Модел М1 представља модел са перфорираним кутијама. Током јужне орјентације (Табела 35) средња спољашња температура износила је 25.5°Ц . Измерена температура спољашњег зида у делу без вегетације износила је 24.0°Ц, а у делу где је зид био обложен вегетацијом контактна температура зида износила је 22.03 °Ц. Може се уочити да је контактна температура фасадног зида нижа у односу на део фасадног зида који није третиран зеленилом за 1.7°Ц или 8.33%. (Табела 16). Када се посматра источна орјентација средња температура ваздуха износила је 28.3°Ц, а измерена контактна температура фасаде без вегетације 26.5°Ц , а контактна температура зида иза вегетације измерена је 24.7°Ц. Постој разлика у температури у износу од 1.8°Ц или 6.63%. Западна орјентација вегетационог зида третирана је при средњој ваздушној температури од 28.8°Ц, измерена контактна температура је 27.1°Ц за фасадни зид без вегетације и 25.35°Ц за зид са вегетацијом. Разлика у температури је 1.75°Ц или 5.64%. Током северне орјентације средња вредност температуре ваздуха је 29.4°Ц, измерена контактна температура 27.5°Ц на зиду без вегетације и 26.8°Ц на зиду са вегетацијом. Разлика у температури износи 0.7°Ц или 5.64%.

МОДЕЛ М1									
орјентација	Тев	Тез	Тиз	Теу	Тзс	Тзу	Тв	Тзм	Тму
југ	25.5	24.0	23.2	24.15	22.03	19.17	24.5	26.7	20.85
исток	28.3	26.5	25.7	26.8	24.7	21.96	24.9	20.2	22.89
запад	28.8	27.1	26.2	27.28	25.35	22.58	26.6	20.8	23.29
север	29.4	27.5	26.8	27.84	25.95	22.97	26.2	24.8	23.78

Табела 35. Табеларни приказ измерених температурних вредности према задатим критеријумима [*]

Тев - спољна температура ваздуха
Тез - спољна температура зида без зеленила
Тиз - унутрашња температура зида без зеленила
Теу - температура површине модула
Тзс - спољна температура зида са зеленилом
Тзу - унутрашња температура зида са зеленилом
Тб - температира лисне површине
Тзм - температура земље
Тму - унутрашња температура модула

Модел М2. Модел М2 представља модел са платненом подлогом. Током јужне орјентације (Табела 36) средња спољашња температура износила је 25.5°Ц . Измерена температура спољашњег зида у делу без вегетације износила је 24.0°Ц, а у делу где је зид био обложен вегетацијом контактна температура зида износила је 22.02 °Ц. Може се уочити да је контактна температура фасадног зида нижа у односу на део фасадног зида који није третиран зеленилом за 1.98°Ц или 8.25%. (Табела 17). Када се посматра источна орјентација средња температура ваздуха износила је 28.3°Ц, а измерена контактна температура фасаде без вегетације 26.5°Ц , а контактна температура зида иза вегетације измерена је 24.7°Ц. Постој разлика у температури у износу од 1.8°Ц или 6.63%. Западна орјентација вегетационог зида третирана је при средњој ваздушној температури од 28.8°Ц, измерена контактна температура је 26.5°Ц за фасадни зид без вегетације и 24.71°Ц за зид са вегетацијом. Разлика у температури је 1.79°Ц или 6.75%. Током северне орјентације средња вредност температуре ваздуха је 29.4°Ц, измерена контактна температура 26.9°Ц на зиду без вегетације и 25.11°Ц на зиду са вегетацијом. Разлика у температури износи 1.79°Ц или 6.65%.

МОДЕЛ М2									
орјентација	Тев	Тез	Тиз	Теу	Тзс	Тзу	Тв	Тзм	Тму
југ	25.5	24.0	23.2	20.33	22.02	19.17	24.3	26.5	20.63
исток	28.3	25.9	25.7	22.56	24.06	21.31	24.4	19.8	22.8
запад	28.8	26.5	26.2	22.96	24.71	21.93	25.9	20.3	23.29
север	29.4	26.9	26.8	23.43	25.11	22.32	25.7	24.3	23.78

Табела 36. Табеларни преглед измерених температурних вредности према задатим критеријумима [*]

Тев - спољна температура ваздуха
Тез - спољна температура зида без зеленила
Тиз - унутрашња температура зида без зеленила
Теу - температура површине модула
Тзс - спољна температура зида са зеленилом
Тзу - унутрашња температура зида са зеленилом
Тб - температира лисне површине
Тзм - температура земље
Тму - унутрашња температура модула

Модел М3. Модел М3 представља модел са обједињеним садним елементом. Током јужне орјентације (Табела 37) средња спољашња температура износила је 25.5°Ц . Измерена температура спољашњег зида у делу без вегетације износила је 23.5°Ц, а у делу где је зид био обложен вегетацијом контактна температура зида износила је 21.47 °Ц. Може се уочити да је контактна температура фасадног зида нижа у односу на део фасадног зида који није третиран зеленилом за 2.03°Ц или 8.64%. (Табела 18). Када се посматра источна орјентација средња температура ваздуха износила је 28.3°Ц, а измерена контактна температура фасаде без вегетације 25.9°Ц , а контактна температура зида иза вегетације измерена је 24.08°Ц. Постој разлика у температури у износу од 1.82°Ц или 7.05%. Западна орјентација вегетационог зида третирана је са средњом ваздушном температуром од 28.8°Ц, измерена контактна температура је 26.6°Ц за фасадни зид без вегетације и 24.82°Ц за зид са вегетацијом. Разлика у температури је 1.78°Ц или 6.69%. Током северне орјентације средња вредност температуре ваздуха је 29.4°Ц, измерена контактна температура 27.0°Ц на зиду без вегетације и 25.72°Ц на зиду са вегетацијом. Разлика у температури износи 1.28°Ц или 4.74%.

МОДЕЛ М3									
орјентација	Тев	Тез	Тиз	Теу	Тзс	Тзу	Тв	Тзм	Тму
југ	25.5	23.5	23.2	23.63	21.47	18.61	24.4	26.6	19.8
исток	28.3	25.9	25.7	26.22	24.08	21.31	24.3	19.7	21.97
запад	28.8	26.6	26.2	26.68	24.82	22.04	26.2	20.5	22.36
север	29.4	27.0	26.8	27.24	25.72	22.43	25.5	24.1	22.83

Табела 37. Табеларни приказ измерених температурних вредности према задатим критеријумима

Тев - спољна температура ваздуха
Тез - спољна температура зида без зеленила
Тиз - унутрашња температура зида без зеленила
Теу - температура површине модула
Тзс - спољна температура зида са зеленилом
Тзу - унутрашња температура зида са зеленилом
Тб - температира лисне површине
Тзм - температура земље
Тму - унутрашња температура модула

Компаративном анализом може се уочити да:

- Вегетациони зидови утичу на смањење контактне температуре фасадног омотача на који су аплицирани (Табела 38).
- Постоје разлике у температури контактних површина фасадног омотача у односу на врсту модула који је постављен. (Графикон 20).
- Постигнути резултати су уједначени по питању остварених температурних разлика у односу на моделе.
- Појединачно посматрајући Модел М1 остварио је у % најповољније резултате (Графикон 21).
- Сви модели остварују већу температурну разлику када су аплицирани на јужну и источну страну објекта .

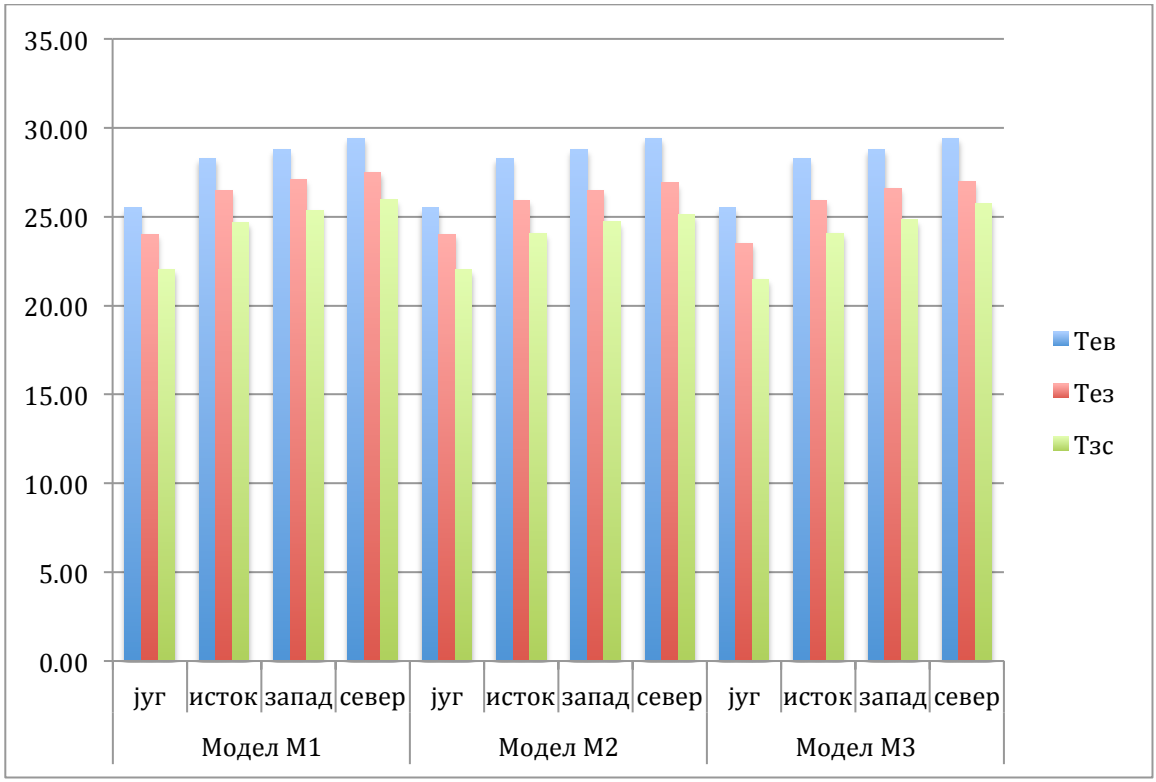
	Модел М1				Модел М2				Модел М3			
	југ	исток	запад	север	југ	исток	запад	север	југ	исток	запад	север
Тев	25.50	28.30	28.80	29.40	25.50	28.30	28.80	29.40	25.50	28.30	28.80	29.40
Тез	24.00	26.50	27.10	27.50	24.00	25.90	26.50	26.90	23.50	25.90	26.60	27.00
Тзс	22.03	24.70	25.35	25.95	22.02	24.06	24.71	25.11	21.47	24.08	24.82	25.72
Раз.	1.97	1.80	1.75	1.55	1.98	1.84	1.79	1.79	2.03	1.82	1.78	1.28
%	8.33	6.63	6.46	5.64	8.25	6.99	6.75	6.65	8.64	7.05	6.69	4.74

Табела 38. Упоредни приказ измерених температура по моделима за задате критеријуме [*]

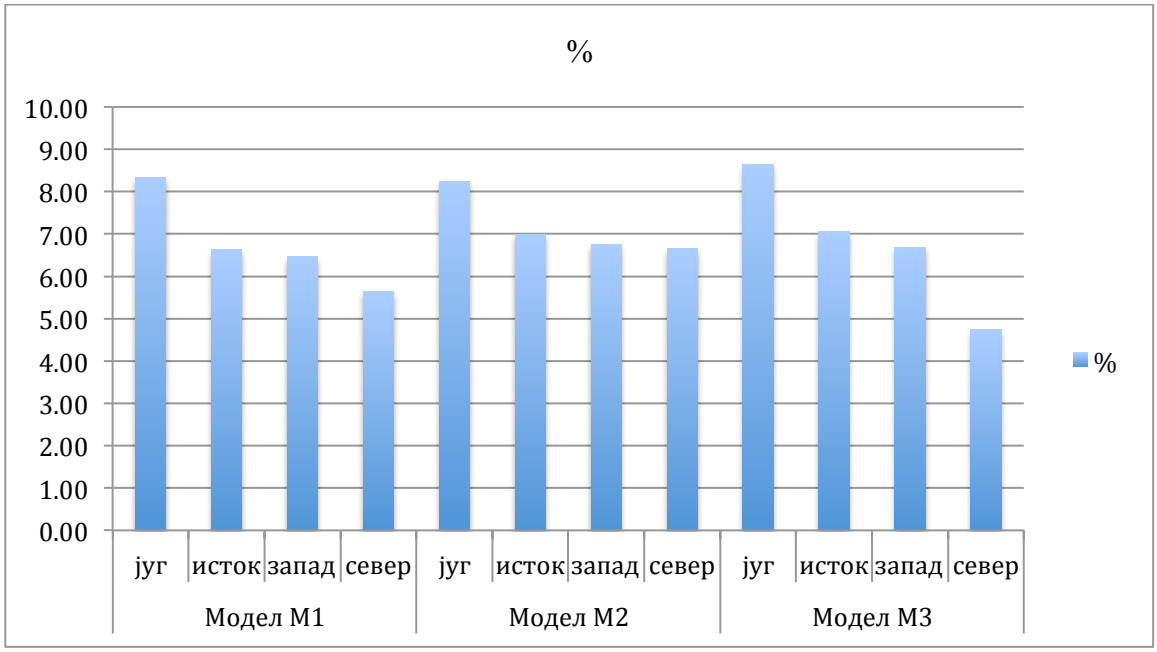
Тев - спољна температура ваздуха
Тез - спољна температура зида без зеленила
Тиз - унутрашња температура зида без зеленила
Теу - температура површине модула
Тзс - спољна температура зида са зеленилом
Тзу - унутрашња температура зида са зеленилом
Тб - температира лисне површине
Тзм - температура земље
Тму - унутрашња температура модула

Овим експериментом третирана су само три модела модуларних вегетационих зидова. За даља истраживања неопходно је повећати број модула који се испитују, температурна [98] мерења вршити једновремено на свим модулима при једнаковременој орјентацији.

[98] Према http://www.rgf.bg.ac.rs, Повећање температуре почиње одмах по изласку Сунца, када приход топлоте превазилази количину расхода. Загревање земљишта од изласка Сунца до 12ч се



Графикон 20. Графички приказ упоредних вредности измерених температура за моделе [*]



Графикон 21. Графички приказ процентуалног смањења контактне температуре фасадног зида са вегетацијом у односу на зид без вегетације [*]

повећава, а затим почиње да се смањује, али температура ваздуха и даље расте до 13-14ч. У том периоду приход топлотне енергије још увек превазилази расход.

7.2 Упоредна анализа резултата евалуације модела

Компаративна анализа резултата практичних и хипотетичког модела показују уједначеност добијених резултата. Ова анализа рађена је успостављања одређене методологије у истраживањау вегетационих зидова. Дефинисање спољних утицајних фактора за оба модела обезбедио је уједначене резултате. Температурна мерења рађена на практичним моделима омогућили су адекватне улазне податке за моделовање хипотетичког модела. Променљиве у сценарију симулације хипотетичког модела одраз су истраживања и анализе практичних модела. У оба случаја закључено је да вегетациони зидови омогућавају енергетску оптимизацију објеката у којима се налазе. Такође, доказан је утицај дужине инсолације, количине сунчевог зрачења, величине лисне површине на вегетативне перформансе зида.

Избор система озелењавање игра кључну улогу у процесу оптимизације, јер он својим перформансама омогућава већи или мањи процентуални допринос изабраног модела у процесу унапређења фасадног омотача. Истраживање енергетских потенцијала вегетационих зидова у нашим климатским условима кроз практичне и хипотетички модел рађени су у сврху давања препорука за пројектовање вегетационих зидова у Београдским климатским условима. Практична и хипотетичка истраживања показала су да примена вегетационих зидова у архитектонским објектима у Београдским климатским условима обезбеђују смањење потребне енергије у погледу енергије која је потребна за хлађење у летњем периоду у распону од 6 - 12%.

На основу овако добијених резултата може се констатовати да анализирани модели у потпуности задовољавају претпостављене енергетске потенцијале вегетационих зидова за Београдске климатске услове. Исказана температурна променљивост у практичном моделу, добила је своју нумеричку оправданост у компјутерској симулацији хипотетичког модела. Дистрибуција температурних вредности уочена на термограмима практичних модела, очитава се и на симулацији хиптетичког модела.

7.3 Обликовни потенцијали модела

Обликовни принципи истраживани у ранијим поглављима, провера могућности њихове примене испитани су у оквиру Практичног модела М1. Као резултат овог истраживања настао је програмски software Urban Wall[99], мултимедијални пакет, који треба да олакша и помогне архитектама и другим заинтересованим лицима у процесу одлучивања приликом пројектовања вегетационих зидова. У софтверу су уграђена тренутна знања и искуства из овог истраживања, али је софтвер могуће унапредити.

Циљна група корисника програма су архитекте и студенти архитектуре. Реализације овог софтверског пакета је покушај да се олакша обликовно сагледавање дизајнерске концепције вегетационог зида.

Urban Wall покушава да помогне у процесу дизајнирања форме вегетационог зида, како би се на адекватан начин сагледали обликовни потенцијали предложеног решења вегетационог зида, на основу улазних перформанси из базе података (врста употребљених биљака, дизајнерско решење), које је пројектант имао на располагању пре деоношења одлуке. Програм представља дизајнерски алат у процесу обликовања вегетационог зида.

Софтвер као коначан резултат пружа:

- Лак увид у дизајнерско решење,
- даје информације о изабраним биљкама,
- израчунава цену коштања вегетационог зида за задату модулрану величину вегетационог зида.

Програм нуди одређена пројектантска решења, која су оптимизована, али је софтвер превасходно намењен пројектантима у процесу креирања и у процесу одлучивања.

[99] Софтверски програм програмиран у сарадњи са Бојаном Митровићем

Рад самог софтвера је заснован на унапред формираној бази података (односи се на врсту биљака, предлог могућих склопова), где су дате биљне специфичности.

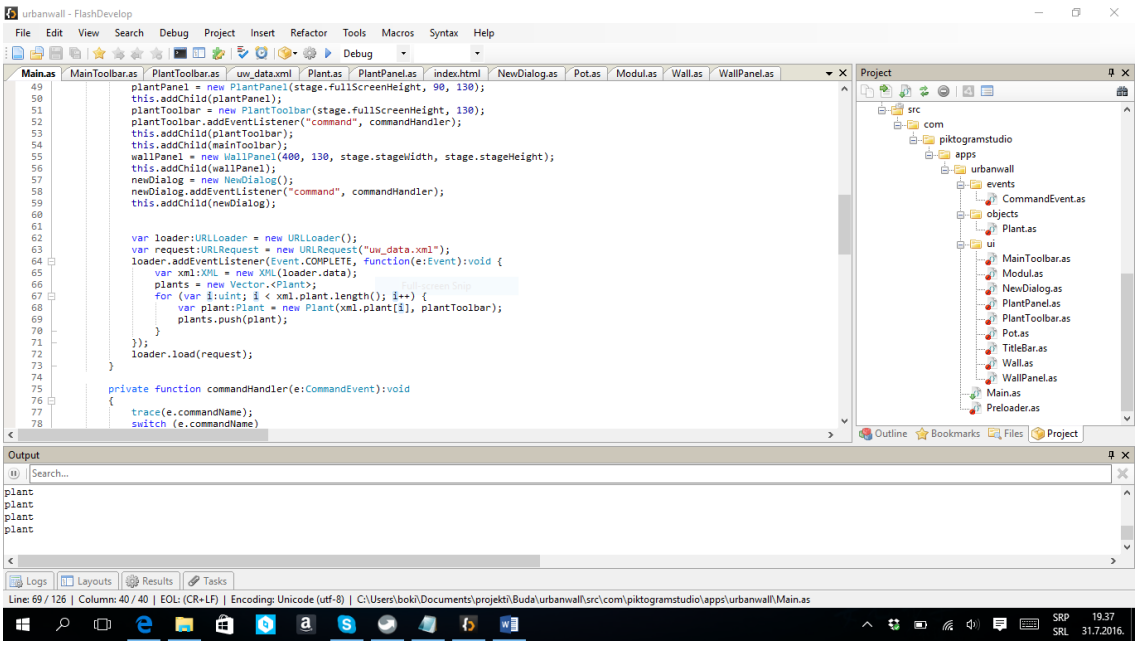
Након рада на овом истраживању може се закључити да процес обликовања вегетационих зидова представља скуп низа утицајних фактора који се морају разматрати у самом процесу одлучивања. Реализација софтвера се ослања на сва истраживања у овом раду, где је извршена вредносна анализа полазних параметара. Пројектантима је дата могућност коришћења лаког алата за дизајнирање вегетационог зида у модерној технологији применљивој на ПЦ и таблет рачунарима, паметним телефонима у Windows и IOs оперативним системима.

Први корак у коришћењу програма је да се дефинише величина вегетационог зида. Програм је конципиран тако да се може пројектовати један модул вегетационог зида и да се његовом мултипликацијом добије дизајнерско решење вегетационог зида или да се појединачним постављањем биљака дизајнира вегетациони зид интерактивно.

Превлачењем курсора преко одређене биљке могу да се сазнају основне карактеристике те биљне врсте, који се односи на назив биљке, латинско име, опис биљке, начин садње и одржавање. У случајевима када нема одређених биљака у бази података могуће је израженим специфичностима допунити базу.

Све ово би требало да олакша дизајнерски рад пројектантима како би сами могли на лакши начин да испроверавају задате обликовне критеријуме.

Апликација „Урбани зид“ (Urban Wall) је написана у програмском језику Action Script 3. (Слика 97). Као развојно окружење (IDE – Integrated Development Environment) је коришћен бесплатан алат отвореног кода FlashDevelop 5.1.1.

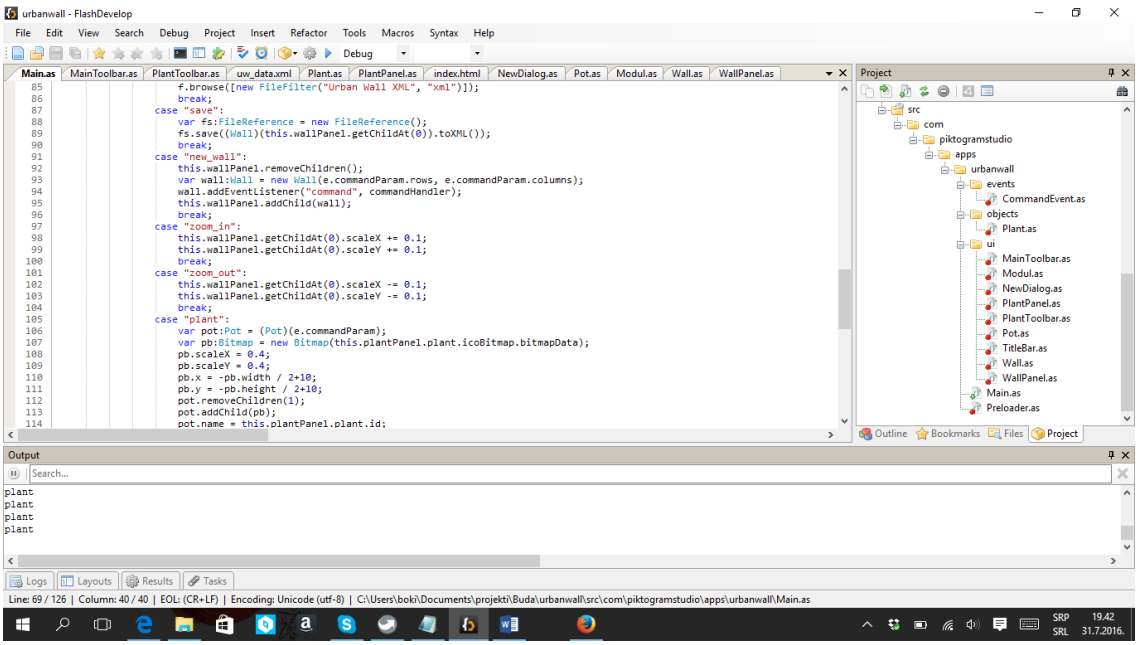


Слика 132. Приказ кодног записа апликације Urban Wall [*]

Програмски језик и окружење (Слика 132,133) су одабрани због следећих предности:

1. Бесплатни су
2. Имају дугу традицију и стабилну подршку
3. Захваљујући Adobe AIR технологији (http://www.adobe.com/products/air.html) апликацију је могуће са лакоћом припремити за преносне уређаје (таблете и мобилне телефоне).

Adobe AIR апликације раде на следећим оперативним системима: Windows XP, 7, 8, 10, Linux (све дистрибуције), Mac OS, Android, iOS. Апликацију је могуће припремити за интернет претраживаче као Adobe Flash апликацију, и то све коришћењем истог кода.

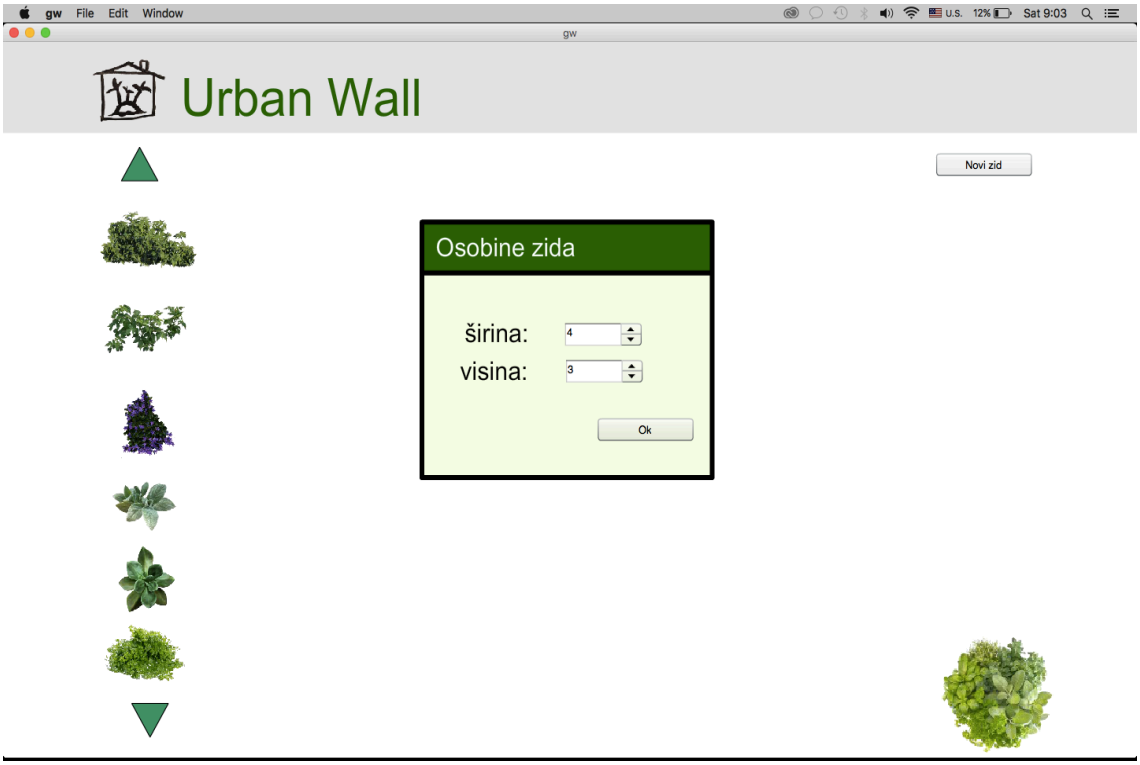


Слика 133. Приказ кодног записа апликације Urban Wall

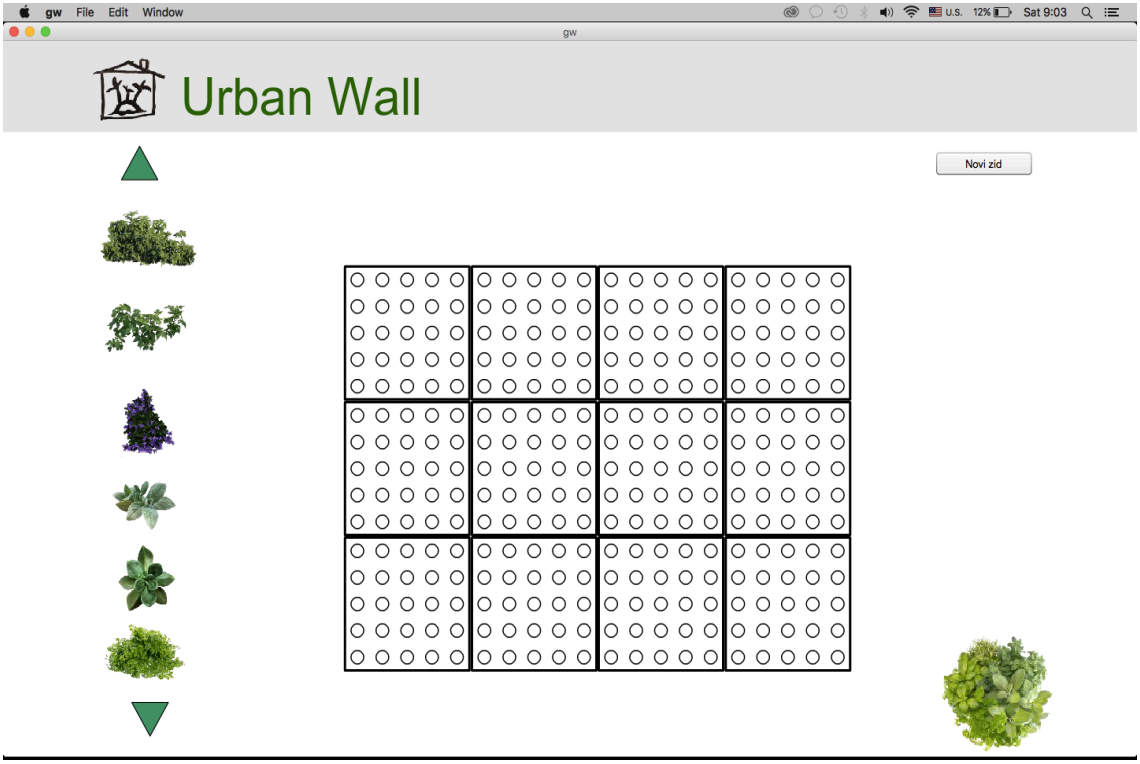
Сама апликација користи предности GPU (графичке картице рачунара) за приказ графике. Запис података је заснован на XML документ формату. То омогућава припрему података коришћењем програма као што је MS Excel.

Код је написан објектно оријентисано и састоји се од следећих објеката:

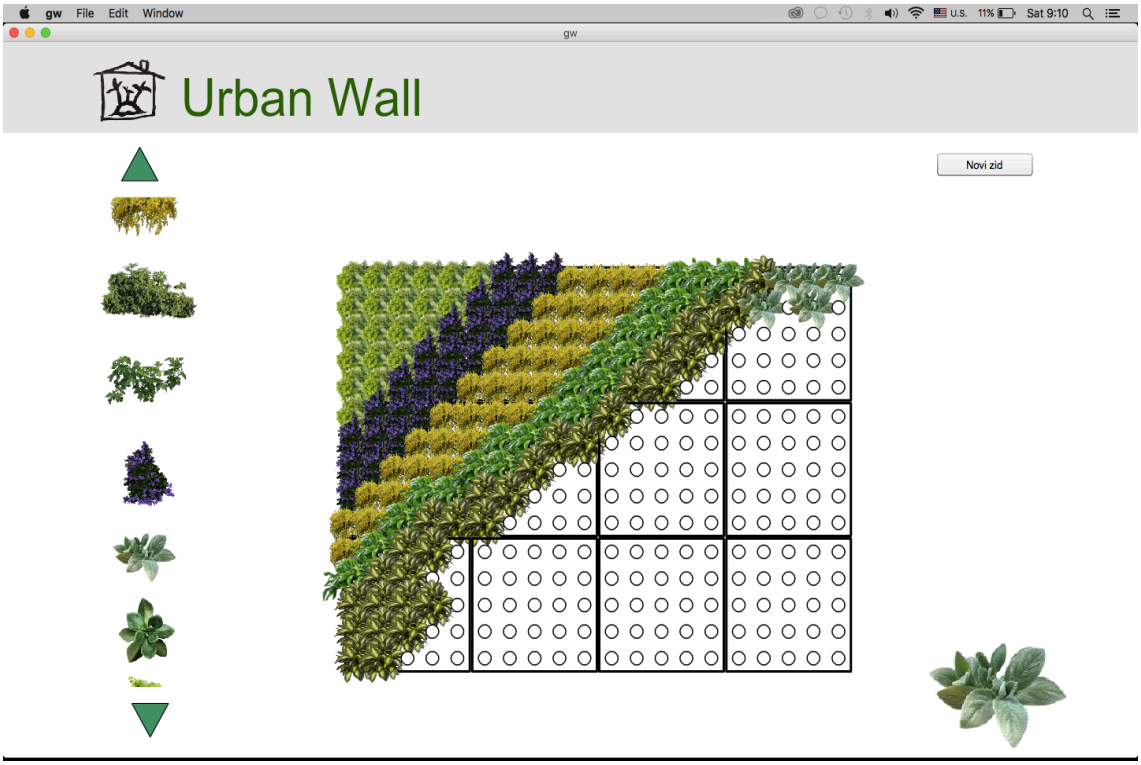
1. Plant – представља садницу
2. Pot – место за садњу на зиду, као субобјекат има садницу.
3. Modul – састоји се од 25 објеката pot.
4. Wall – састоји се од објеката модул. Кориснички интерфејс је направљен тако да се користи само леви клик миша или додир прста. Сви елементи интеракције су прилагођени величини прста. Унос нумеричких података је прилагођен тако да се он врши графички гестикулацијом по екрану мишем или прстом (Слика 134, 135, 136, 137).



Слика 134. Приказ екрана приликом одабира величине вегетационог зида [*]



Слика 135. Практичан модел М1 у виртуелном вегетационом зиду [*]



Слика 136. Дизајнирање вегетационог зида[*]



Слика 137. Дизајнирање вегетационог зида [*]

7.4 Закључак и препоруке за примену вегетационих зидова у реализацији објеката у Београду

Ово истраживање је показало да је могуће формирање вегетационих зидова у Београдским климатским условима. За њихово формирање у нашим условима морају да се испуне одређени услови који су предуслов за обликовно вредновање оваквих структура. Вегетациони зидови (Слика 138) имају обликовни потенцијал може да промени архитектонску перцепцију објекта. Развој технологије вегетационих зидова омогућиће обликовну различитост вегетативних зидова.



Слика 138. Експериментални модел вегетационог зида [*]

Анализама је доказано да вегетација побољшава енергетске перформансе објеката у нашим климатским условима. У даљем истраживањима и раду на вегетационим зидовима препорука је да се са становишта енергетске оптимизације објеката анализирају односи енергетске оптимизације објекта и потребне површине

вегетационог зида да би цео процес имао економско оправдање. То питање није третирано у овом истраживању.

Вегетациони зидови су сигурни алати за побољшање комфора људи у објектима у којима и на којима се налазе вегетациони зидови. Анализе које су рађене у овом раду нису третирале вегетационе зидове који се налазе у ентеријеру објекта. Вегетациони зидови за наше климатске услове дају пројектантима нове обликовне могућности у процесу материјализације фасадних омотача објеката. Модуларна поставка вегетационих зидова омогућава достизање обликовних вредности уз максимала задовољење безбедносних критеријума.

Правилан избор биљака, њихово обликовно позиционирање, обезбеђење високог нива одржавања, основни су предуслови за реализацију вегетационог зида у Београдским климатским условима. Вегетациони зидови у Београду требали би да омогуће инвентивни приступ у њиховом дизајнирању. Они не морају да се постављају само на новим објектима, већ могу да послуже у процесу рехабилитације постојећег архитектонског фонда.

За правилно дефинисање нових модела вегетационих зидова који би имали енергетске потенцијале за наше климатске услове неопходно је правилно дефинисање параметара комфора, поштујући прописане термичке карактеристике фасадних омотача. Неопходно је да цео систем буде уравнотежен и под сталним мониторингом. Анализе у овом раду нису третирале понашање вегетационих зидове у зимском периоду у нашим климатским условима. Постоје проблеми њихове реализације у том периоде због климатских карактеристика које владају у Београду. Треба развијати системе чија биљна вегетација може да опстане у таквим климатским условима.

Предуслов свих ових радњи је да се код грађана створи свест о неопходности употребе вегетационих зидова као пасивне компоненте енергетске ефикасности. Тек тада ће се отворити могућности за аналие и истраживања вегетационих зидовима по другим аспектима.

8 ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА

8.1 Теоријски резултати

Вегетациони зидови су нова технологија у реализацији фасадних омотача објеката, инспирисана природом. Зелени зидови су енергетски ефикасни прилагодљиви структурални елементи. Они могу бити постављени у омотачу зграде или унутар објекта у различитим климатским условима. Те структуре нису ограничене конструктивношћу самих елемената, већ само обликовним решењем за задато место. Вегетациони зидови су елементи обликовања, код којих постоје различите подеоне групе. Они својим функционалним и обликовним карактеристика пружају и осигуравају нови ликовни потенцијал омотача.

Вегетациони зидови могу у зависности од својих карактеристика да покрију велики фасадна део објекта. То унапређује обликовне карактеристике фасадних омотача, заштитни је елемент од спољашњих утицаја (кише и снега) и доказано је да помаже у решавању енергетских проблема и смањењу трошкова приликом прегревања објекта у летњем периоду. Зелене фасаде доносе вегетацију у загушљиве урбане просторе, дају прихватљив завршни изглед и повећавају амбијенталне вредности окружења у коме се налазе. То чини објекте привлачнијим, дајући им нов карактер и нову вредност.

Вегетациони зидови су прилагођени за спољну и унутрашњу употребу и могу се третирати као својеврстан резервоар потенцијала урбане ремодулације. Разлика између вегетационих зидова и конвенционалних зидних омотача је у основном медијију изражавања, јер ови системи остварују могућност употребе различитих

биљних врста. Употреба живих оранизама осигурава додатни обликовни потенцијал, јер омогућава модуларност и решеава строге обликовне захтеве пројектаната. Биљни расад као основ изражавања чине ове фасаде прилагодљивијим и комуникативнијим са спољним окружењем. Употребом ових елемената у дизајнирању физичке структуре смањују се негетавни утицаји спољашње средине на објекат и његову околину. Доказано је да може послужити као изолатерски материјал.

Вегетациони зидови у будућност ће пронаћи широку примену у архитектури, јер могу бити важан алат за решавање енергетских, просторних, обликовних и других проблема који су постављени пред пројектанте.

8.2 Практични резултати

Практични резултати овог истраживања огледају се у свообухватном сагледавању различитих аспеката формирања вегетационог зида у нашим климатским условима. Рад на практичном моделу омогућио је увид у различите аспекте формирања вегетационих зидова у нашим климатским условима. То се огледа у истраживању биљних врста које би опстале у специфичним условима. Резултати тих практичних анализа су показали да има биљних врста које су се прилагодиле нашим климатским условима и које уз правилно одржавање могу да опстану у вегетационим зидовима у Београду.

Мониторинг практичног модела као и мерења која су на њему вршена показала су да вегетациони зидови имају енергетске потенцијале за наше климатске услове. Такође показало се да они могу бити ново место за решавање питања производње хране у урбаним срединама. Практични резултати су показали да развој вегетационих зидова омогућава развој многих индустријских грана. Нарочито је значајан резултат овог истраживања да вегетациони зид може бити направљен са минимум новчаних средстава и уз употрбу рециклираних материјала.

Практични резултати (Слика 139) овог истраживања су показали конкретне резултате енергетске оптимизације објекта и њихову технолошку условљеност. Анализе нису до краја дале одговор на постављено питање, колико заиста биљке утичу на енергетску оптимизацију фасадних омотача. Пуно је критеријума на које треба да се да одговор како би се постигао што егзатнији резултат. Препорука је да будуће анализа морају бити једновремене, на више локације под различитим микроклиматским условима.



Слика 139. Ауторов експериментални вегетациони зид [*]

Резултати овог истраживања могу наћи директну примену у поступцима пројектовања и обликовања фасадних омотача у београдским климатским условима. Они имају практичну примену јер су истражене адекватне мере унапређења фасада у циљу енергетске оптимизације.

Добијени резултати могу бити применљиви за стручну и ширу јавност. Могућ је подстицај примене вегетативних зидова у нашим климатским условима, као и

развој индустријског сектора у овој области. Практична примена истраживања огледа се у могућностима примене предложених принципа, препорука и техничких решења вегетационих зидова у пројектовању нових објеката и при реконструкцији постојећег грађевинског фонда у Београду. Ово истраживање даје основ за даља истраживања и едукацију кадрова у овој области.

Истраживање је показало методолошки поступак у реализацији вегетационих зидова са акцентом на енергетском аспекту. Приказане смернице могу се користити у функцији стварања стратегија и концепата реализације фасада архитектонских објеката применом вегетационих зидова, како у Београду тако и подручјима са сличним климатским условима.

9 ЗАКЉУЧАК

9.1 Закључна разматрања

У раду су истраживани различити аспекти релевантни за дефинисање везе обликовних и енергетских потенцијала вегетационих зидова. Утврђена је типологија вегетационих зидова и дати су принципи материјализације. Анализирањем просторно-организационог, функционалног, обликовног, конструктивног, технолошког и економског аспекта, као и других елемената од утицаја на конципирање вегетационих зидова, дефинисани су основни параметри значајни за пројектовање.

Из свих анализа спроведених у раду могу се извести следећи општи закључци:

Савремени концепти обликовања фасадних омотача архитектонских објеката, изузетно динамични технолошки развој, побољшање карактеристика материјала за израду и развој нове технологије утицали су на промене које у архитектури новог миленијума изазивају вегетациони зидови својим обликом, новим конструктивним решењима, материјалима и дематеријализацијом, сврставајући вегетационе зидове у архитектонске елементе у којима се најочитије сагледавају технолошке и конструктивне иновације новог доба.

Вегетациони зидови добијају на својој ексклузивности кроз правилан избор биљног материјала и типа конструктивног решења. Обликовност и архитектонска препознатљивост морају у случају вегетационих зидова увек бити у служби функционалности.

Вегетациони зидови својим изгледом, обликом и димензијама утичу на дефинисање простора у коме се налазе. Избор садног материјала зависи од ликовне поруке самог зида, материјала од којих су израђени поједини елементи, детаља веза и општег конструктивног склопа.

Нови грађевински материјали и развој савремених технологија у великој мери утиче на кретања у архитектури и на унапређење домета и могућности развоја нових обликовних концепата вегетационих зидова.

Основни захтеви које вегетациони зидови морају да задовоље су: да омогуће несметано и лако постављање по различитим нивоима, да је приступачн у процесу одржавања, да је естетски израз зида могућ без обзира на временске прилике, да обезбеде лако инвестиционо одржавање, да максимално задовоље све безбедносне услове и да је адекватно позициониран на објекту у односу на друге елемент, да је статички стабилан, да је економски оправдан, да обезбеђују дуготрајност употребе, да својим обликом и материјализацијом даје препознатљив карактер објекту у коме се налазе.

Различити пројектанти у различитим периодима придавали су вегетационим зидовима различит третман како у обликовању тако и у материјализацији архитектонских елемената. Развој људске свести, научних сазнања, откриће нових садних материјала и економска оправданост условили су обликовна и конструктивна решења, што је омогућило пројектовање концептуално нових израза.

Димензије вегетационих зидова је у директној зависности од конструктивних карактеристика, тако да се геометрија зидова мењала и давала нове одговоре по питању естетских циљева.

Димензије елемената основне конструкције и биљна материјализација вегетационих зидова као и њихова геометрија битни су фактори у реализацији и

обликовном вредновању вегетационих зидова. Основни фактори који утичу на обликовање вегетационих зидова су: материјали и елементи за израду основне конструкције, просторни положај вегетационог зида, геометрија ликовног приказа, материјализација, начин извођења и избалансиран систем одржавања.

Класификација и подела вегетационих зидова може се извршити према неколико критеријума и то према: положају у простору, према форми, врсти конструкције, биљном расаду.

Много је фактора који утичу на форму вегетационих зидова. Доминантан фактор утицаја на форму су пројектантски захтеви, а сви остали фактори утицаја су само у функцији пројектоване форме. Форму вегетационих зидова можемо посматрати као јединствени склад облика и материјализације. Вегетациони зидови својом формом пре свега указују на важност простора у коме се налазе, на визуелну доминантност и на перцепцију простора у коме се налазе. Са аспекта обликовања за вегетационе зидове се постављају следећи захтеви: једноставност, пропорција, складност, јединственост са простором у коме се налазе, препознатљивост, аутентичност. Функционалне потребе фасадних омотача, грађевинске норме дефинисане нормативним актима, архитектонске жеље пројектанта, конструктивна решења, познавање статичких и обликовних карактеристика примењених материјала, просторни комфор, међуутицај појединих архитектонских елемената у простору у коме се вегетациони зидови налазе, одређују форму вегетационих зидова. Избором типа основне конструкције и садног материјала за његову израду одређује се естетски ефекат вегетационих зидова у простору.

Анализом пројектантских захтеви кроз просторно организациони и функционални аспект, обликовни аспект, конструктивни аспект, технолошки аспект и економски аспект архитектуре вегетационих зидова може се закључити да пројектовање и обликовање вегетационих зидова као и њихова материјализација указују на комплексност појаве вегетационих зидова у архитектонским објектима, посебно у централним урбаним ткивима.

Као основ за пројектовање вегетационих зидова, несме се узети само технологија која поприма значајну улогу у процесу пројектовања већ њеним правилним дефинисањем у многоме ће се оптимизовати пројектантски захтеви. Поједини захтеви узајамно утичу један на други и указују на веома сложен захтев планирања вегетационих зидова. Избор и положај вегетационих зидова првенствено зависи од програмског контекста и уско је повезан са економским аспектом и обликовном структуром објекта. Сви типови вегетационих зидова су погодни за остваривање жељених пројектантских циљева објекта, али је одабир дефинисан одређеном условношћу и дизајном који су одлучујући.

Облик вегетационог зида и конструкција условно зависе јадан од другог. Функционалност вегетационих зидова представља збир постигнутих максималних функционалних вредности у одређеном простору. Фукционалност као веома битна категорија која предодређује основни концепт вегетационог зида, дефинише основне елементе склопа, њихову структуру и облик.

Основни функционални захтеви које вегетациони зидови морају да задовоље су: обезбеђење рационалности, остваривање лаког одржавања без обзира на тренутне атмосферске прилике, обезбеђење лаке приступачности функционалним целинама, поштовање свих безбедносних услове током коришћења и да својом појавношћу створе визуелни идентите објекта.

Облик вегетационих зидова је у непосредној вези са конструкцијом, материјалом од кога је израђен основни констуктивни систем и биљним материјалом, а све у функцији коначног визуелног идентитета вегетационог зида. Димензије елемената основне конструкције и материјализације вегетационих зидова као и њихова геометрија битни су фактори у реализацији и изгледу.

Конструктивни систем се одређује на основу врсте носача који је употрбљен за израду основне носеће конструкције, а који је само подлога за финалну обраду или монтирање вегетационог зида. Веома је битно да се приликом избора начина

уградње води рачуна о основном конструктивном склопу, цени израде, времену израде, квалитету завршне обраде

Економски захтеви перформанси које вегетациони зидови морају да задовоље су да обим инвестиција – економичност конструкције и елемената завршне обраде, трајност и економска исплативост уграђених материјала, економска исплативост трошкова текућег одржавања буду у складу са обликовним потенцијалима. Економичност не зависи само од трошкова израде и одржавања вегетационих зидова. Економичност вегетационих зидова је у директној узрочно - последичној вези са економским концептом градње целог објекта. На економичност конструктивних елемената и елемената завршне обраде вегетационих зидова утичу: рационалност конструктивног склопа, трајност конструкције и елемената завршне обраде, потребно време и утрошак енергије за њену производњу. На економичност у одржавању утиче конструктивно решење и начин израде појединих детаља који би требало да у процесу експлатације омогуће брзу и ефикасну замену појединих елемената услед дотрајалости.

Трајност уграђених материјала условљена је: квалитетом основног производа постигнутом у процесу производње, правилним начином уградње и задовољењем основних техничких услова и прописа уградње, условима експлатације, правилном и временски одређеном заштитом и климатским условима.

Економска исплативост трошкова текућег одржавања вегетационих зидова зависи од : средине тј. места на ком се вегетациони зидови налазе у оквиру објекта, биљног материјала од којих су израђени, врсте заштите.

Пра облици вегетационих зидова израђени са новим или старим стандардно познатим биљним врстама, конвенционално грађени и геометријски сређени могу да буду довољно оригинални у геометријском изразу као и вегетациони зидови геометријски недефинисани и конструктивно неодређени.

Ликовна перцепција вегетационих зидова новијег доба радикално је промењена у односу на вегетационе зидове из ранијих раздобља архитектуре и подржана је новим технолошким могућностима градње како традиционалним тако и савременм приступом. Обликом и материјализацијом, вегетациони зидови постају просторне структуре уз поштовање свих познатих аспекта традиционалног обликовања.

Захтевима перформанси се одређује понашање вегетационих зидова као архитектонског елемента у односу на функционалне захтеве корисника. Перформансе вегетационих зидова су дефинисане за материјале и за конструктивне елементе посматрано у целини и парцијално.

Захтеве пројектаната које вегетациони зидови треба да задовоље и који објективно морају да се испуне независно од њихове локације унутар или изван објекта могу се поделити у две основне групе: објективне – конструктивне природе, субјективне природе.

У објективне захтеве перформанси за вегетационе зидове убрајају се: захтеви стабилности, захтеви за сигурност од пожара, захтеви сигурности у коришћењу, захтеви за непропустљивошћу, заптивеност, хидротермални захтеви, акустички захтеви, захтеви у погледу трајности, прикладност простора за специфичност коришћења.

Реализација вегетационих зидова састоји се од три основне фазе: програмирање, обликовање, изградња. Пројектантски захтеви у обликовању вегетационих зидова директно су условљени типолошком категоризацијом објекта, диспозицијом у објекту и технологијом.

Као пројектантски захтеви за пројектовање и реализацију вегетационих зидова на основу извршених анализа могу се дефинисати приступачност у одржавању, функционалност, безбедност, просторна повезаност са осталим архитектонским елементима, естетика и економичност.

Функција објекта свакако у многоме допринси у детерминисању архитектуре, функције, обликовања и материјализације вегетационих зидова. Пропорција као естетски фактор у обликовању вегетационих зидова пре свега се односи на ритам и учесталост понављања, симетрију, асиметрију, хармонију и модуларност. Геометризован приступ обликовању вегетационих зидова је применљивији, јер он доприноси лакшем обликовању, композицији унутар и изван простора у коме се налази, одређивању неопходних математичких величина при димензионисању.

Основни услов који неки материјал треба да испуни да би могао да буде употребљен за формирање, а тиме и обликовање конструктивних елемената, односно да би био конструктиван је да поседује извесна механичка својстава, пре свега одговарајућу чврстоћу и деформациона својства.

Конструктивни елементи могу бити израђене од различитих материјала или комбинацијом елемената израђеним од различитих материјала. Сваки материјал пружа одређен, посебан изглед и простору даје индивидуалан карактер. Приликом избора материјла за изградњу вегетационих зидова потребно је задовољити основне услове: дуговечност, стабилност, удобност, естетски изглед, лакоћа одржавања, хармонично уклапање у објекат.

Избором различитих материјала за материјализацију вегетационих зидова остварује се лакша конструктивна постојаност, детаљи веза појединих елемената су у многоме олакшани, а искоришћеност одређених карактеристика појединих материјала и економичност израде таквих вегетационих зидова је у многоме већа.

Вегетациони зидови израђени од једне или више биљних врста, својим изгледом, обликом и димензијама дају различиту обликовну снагу, дефинишу простор у коме се вегетациони зидови налази и креирају нову формулу фасадног омотача.

Вегетациони зидови у савременој архитектури указују је на нов приступ обликовању фасадних омотача, ново функционално тумачење и нова

конструктивна решења, која се не могу увек сврстати у категорију економски оправданог и рационалног.

Анализом вегетационих зидова и простора у којима се појављују, осим у основном функционалном облику, вегетациони зидови носе уметничку апликацију, стварају скулптуралну креацију у просторној архитектонској формацији објекта.

Вегетациони зидови остварују концептуалну дуговечност, могућност промене и понављање елемената и детаља. Приликом пројектовања вегетационих зидова неопходно је филозофски и методолошки посматрати значење вегетационог зида у општем контексту објекта и потенцијале његовог визуелног, естетског и конструктивног доживљавања

У специфичним ситуацијама, услед доминантности одређеног пројектантског захтева, може се одустати од прописаних норми за пројектовање, што се одражава на економичност, али може да доведе до нових концепата вегетационих зидова.

Вегетациони зидови у објектима добијају на својој ексклузивности кроз правилан избор биљних врста. Понекад естетска вредност вегетационих зидова је доминантна вредност, али естетика без потребне функције је безвредна. Естетика и атрактивност морају у случају вегетационих зидова увек бити у служби функционалности.

Ликовна перцепција вегетационих зидова новијег доба радикално је промењена, заједно са новим технолошким могућностима, њиховим даљим развојем и применом у пројектантском напору да се облик и материјализација формулишу као просторна структура уз све познате аспекте традиционалног моделовања. Вегетациони зидови се у простору појављују као елементи који носе уметничку апликацију, скулптуралну креацију у просторној архитектонској формацији објекта.

Циљеви и задаци овог истраживања били су испитивање могућности унапређења обликвних квалитета урбане средине у Београду у процесу редефинисања фасадног омотача применом вегетационих зидова, и формирање препорука за пројектовање и одлучивање о избору система вегетационихх зидова. Истраживањем су испитани практични и хипотетични модели вегетационих зидова, којима се обезбеђује широка примена вегетационих зидова у архитектури постојећих и нових објеката у Београду. Анализе су кроз испитивање и проналажење препорука за унапређењем обликовних и термичких карактеристика вегетационих зидова дале одговор на постављена питања.

Истраживање енергетских потенцијала вегетационих зидова у нашим климатским условима урађено је кроз софтверске симулације хипотетичког модела. У њему су на адекватан начин анализирани резултати добијени из мерења и рада на практичном моделу. Задати циљеви овог истраживања су кроз рађене анализе, проверавани у сврхи давања препорука за пројектовање вегетационих зидова у Београдским климатским условима. Практична и хипотетичка истраживања показала су да примена вегетационих зидова у архитектонским објектима у Београдским климатским условима обезбеђују оптимизацију објекта у погледу енергије која је потребна за хлађење у летњем периоду у распону од 6 - 12%.

Ово истраживање полази од опште хипотезе да у савременој архитектури постоје елементи који у себи садрже одређене карактеристике и квалитативне вредности и показатеље енергетских потенцијала одређених врста омотача зграда, који се могу ефикасно и експлицитно утврди, а уједно се ти исти елементи могу довести у модуларну координацију. Омотач зграде представља интерактиван елемент са директним утицајем на енергетски биланс објекта при чему примена вегетационихх зидова у материјализацији омотача зграде унапређује енергетски потенцијал омотача објекта.

Посебне хипотезе постављене на почетку истраживања, доказане су током истраживачког процеса у практичном и аналитичком делу истраживања.

Хипотеза 1: *Примена биљних култура одрживих у домаћим климатским условима даје потенцијале за формирање разноврсних естетских решења вегетативних зидова у Београду који се могу интегрисати у урбану структуру.*

Омотач зграде представља интерактиван елемент са директним утицајем на енергетски биланс објекта при чему примена вегетационих зидова у материјализацији омотача зграде унапређује енергетски потенцијал омотача објекта. У експерименталном делу рада кроз практичан рад и нумеричке симулације истражен је и доказан позитиван утицај вегетационих зидова на енергетске перформансе омотача објекта у београдским климатским условима. Коришћење домаћих биљних култура у реализацији вегетационих зидова у нашим климатским условима пружа обликовни потенцијал и осигуравају нови ликовну перцепцију омотача објекта. Истражена и доказана је могућност унапређења обликовних карактеристике фасадних омотача, применом вегетационих зидова у нашим климатским условима.

Хипотеза 2: *За реализацију вегетативних зидова постоје различита техничка решења која дају могућност разноврсне материјализације фасадног омотача и могу се дати препоруке за оптимизацију термичких перформанси вегетативних зидова у београдским климатским условима*.

Појава вегетационих зидова је нов концепт у реализацији фасадних омотача и може понудити јединствена обликовна решења. Интеграција вегетације може да буде одржив приступ за фасаде нових и постојећих објеката. Вегетациони зидови су један од иновативних и најбрже развијаних концепата зелених технологија. Ова чињеница се заснива на оригиналним изведеним објектима са вегетационим зидовима који доприносе побољшању укупних амбијенталних карактеристика и постају значајан фактор у савременом приступу пројектовању. Вертикално озелењени зидови истовремено доприносе и побољшању енергетских карактеристика објеката, биодиверзитета, естетских вредности и у великој мери

омогућавају смањење ваздушног загађења од фине прашине и угљендиоксида. За проналажење нових модела вегетационих зидова који би имали енергетске потенцијале за наше климатске услове неопходно је правилно дефинисање параметара комфора, поштујући прописане термичке карактеристике фасадних омотача. Неопходно је да цео систем буде уравнотежен и под сталним мониторингом.

Хипотеза 3: *Коришћењем рачунарских симулација и експерименталних модела може се постићи оптимално енергетска анализа вегетативних зидова са аспекта термичких карактеристика и дати препоруке за оптималну технологију и конструкцију вегетативних зидова у климатским условима Београда*.

Аналитичким рачунарским симулацијама и радом на експерименталном моделу доказано је да присуство вегетације у фасадном омотачу помаже у решавању енергетских проблема и смањењу трошкова приликом прегревања објекта у летњем периоду за Београдске климатске услове. Зелене фасаде доносе вегетацију у загушљиве урбане просторе, дају јединствен естетски изглед и повећавају амбијенталне вредности окружења у коме се налазе. То чини објекте привлачнијим, дајући им нов карактер и нову вредност. Методом мерења сагледане су енергетске перформансе експерименталних модела, анализирани резултати и приказани кроз дијаграме и графиконе. Такође, нумеричким симулацијама уз помоћ компјутерског софтвера за прорачун добитака топлоте добијени су квантитативни показатељи енергетских перформанси одабраних модела вегетационих зидова На основу упоредне анализе резултата нумеричких симулација и резултата мерења експерименталних модела и сиинтезе свих претходно прикупљених података и резултата, као и успостављањем корелације са полазним чињеницама, истраживање доказује да се на овај начин може извршити оптимална анализа енергетских перформанси.

9.2 Препоруке за пројектовање вегетационих зидова у климатским условима Београда

Пројектовање вегетационих зидова представља архитектонски изазов за дизајнере, јер они у поседују обликовни потенцијал и могућности перцептуалне променљивости . За реализацију таквих структура основно правило је поштовање одређених законитости, који се огледају у правилном решавању предуслова за обликовну дуговечност вегетационих зидова. Пројектанти би требали да дају одређени допринос у дизајнирању вегетационих зидова, више као одговор на обликовне, архитектонске и технолошке циљеве ове врсте омотача објеката, него на нека теоријска и емпиријска питања. Питање архитектонске мисли је да ли вегетациони зидови требају да постану основни елемент структуре архитектонских објеката или они по својој специфичности требају да представљају место симболике и предмет архитектонске провокације.

Приликом пројектовања вегетационих зидова неопходно је филозофски и технолошки посматрати значење вегетације у општем контексту реализације објеката у урбаном контексту, развијајући његове визуеле, естетске и енергетске потенцијале. Обликовност вегетационих зидова је потенцијал који може дефинисти перцепцију корисника о архитектури и архитектонским елементима уопште, не укључујући елементе културолошке различитости, архитектонске погрешивости и несавршености. Нове технолошке могућности и различит приступ у реализацији свакако да фундаментално утичу на обликовање вегетационих зидова. Архитектура вегетационих зидова нуди значајне предности у односу на традиционалне елементе архитектуре како у погледу обликовања саме структуре тако и у погледу обликовања простора. Пројектантска потреба за архитектуром минимализма наводи пројектанте да истражују нове обликовне могућности у пројектовању вегетационих зидова.

Обликовна вредност вегетационих зидова (Слика 140) је доминантна вредност, али естетика без потребне функције је безвредна. Естетика и атрактивност морају у случају вегетационих зидова остати у служби функционалности.



Слика 140. Обликовна вредност вегетационе структуре [*]

Ликовност вегетације (Слика 141, 142) требала би бити радикално промењена, заједно са новим технолошким могућностима у пројектантском напору да се обликовност вегетационих зидова формулише као просторна структура уз све познате аспекте моделовања. Нова технолошка решења у архитектури вегетационих зидова , омогућавају комбинаторску обликовне разноврсности, боље искоришћење енергетских потенцијала вегетације, економичност и рационалност вегетационих зидова.

Све ово резултује сложенијим технолошким захтевима у пројектовању и изради вегетационих зидова, даљем истраживању граничних могућности и побољшања основних карактеристика. Комбинација и избор биљака, њихово обликовно структуирање и материјализацијско прожимање, треба да доведу до пројектовања вегетационих зидова који ће својим изгледом афирмисати остале елементе архитектуре.



Слика 141. Вегетациона ликовност [*]

Вегетациони зидови су такви архитектонски елементи који би требали да пројектанте ослободе дизајнерских стега, прописа, строгих сигурносних захтева у спречавању слободне дизајнерске маште. Архитектура вегетационих зидова у многоме је отворена у новом функционалном тумачењу, новим обликовним решењима, која се не могу увек сврстати у категорију економске оправданости и рационалности. Инвентивност у дизајнирању (Слика 105), уз помоћ технологије, престаје да има правила и ограничења у погледу обликовања вегетационих зидова.



Слика 142. *Инвентивност у дизајнирању вегетационих зидова* [*]



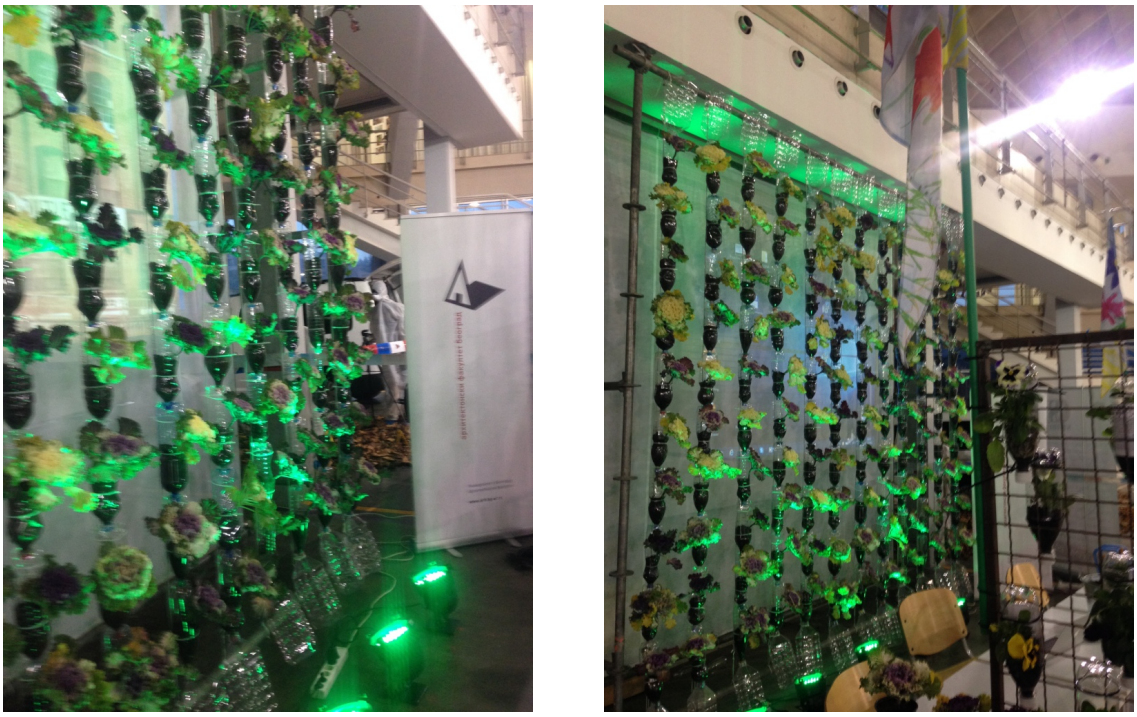
Слика 143. Вегетациони зид као елемент ликовног изражавања

9.3 Правци даљих истраживања

Правци даљих истраживања обликовних и енергетских потенцијала вегетационих зидова требало би да имају као основни задатак унапређење и проналажење нових коструктивних решења за вегетационе зидове који ће довести до обликовног и функционалног унапређења вегетационих зидова у архитектонским објектима. Даља анализа вегетационих зидова треба да дефинише моделе који ће довести до много већег енергетског искоришћења потенцијала вегетационих зидова. Будућа истраживања требају да формулишу методологију прорачуна ефекта вегетационих зидова у омотачима објеката за Београдске климатске услове.

Савремена технологија реализације вегетационих зидова омогућава нове облики формирања вегетационих зидова, а самим тим даје му и нове естетске вредности. Вегетациони зидови ће у будућности добијати на значају у реализацији архитектонских објеката, јер смањење конвенционалних енергетских ресурса довело је до изналажења нових и обновљивих извора енергије. Архитектура будућности тражи нова изражајна средства у формулисању свог сопственог идентитета, а вегетациони зидови су провокативан материјал за архитектонско изражавање (Слика 144 а, б). Све ово зависиће од културолошке свести корисника, друштвених кретања, архитектонске мисли и развоја технологије. Развој вегетационих зидова у будућности вероватно ће ићи у правцу проналажења нових изражајних медија (Слика 145) за реализацију вегетационих зидова, развој енергетски ефикасних модуларних система и мултидисциплинарнији приступ будућих истраживања и утицаја вегетационих зидова на архитектонске објекте. Ово истраживање је покушај објашњења појединих физичких појава у структуирању вегетационих зидова у омотаче архитектонских објеката. Проблеми који у раду нису третирани јесте одржавање вегетационих зидова у зимском временском периоду у Београдским климатским условима, паралелно са утицајем такве структуре на енергетске перформансе објекта.

а) б)



Слика 144. Вегетациони зид на сајму науке а) вегетациони зид као облик архитектонског изражавања, б) могућ вид будућих истраживања вегетационих зидова [*]



Слика 145. Рециклажни материјали у функцији реализације вегетационих зидова [*]

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Alexandri,E., Jones,P.: Temperature decrease in a urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, Building and Environment 43 (2008) 480–493.

[2]. Арнхајм, Р.: Динамика архитектонске форме, Универзитет уметности у Београду, 1990.

[3]. Арнхајм, Р.: Моћ центра – студија о композицији у визуелним уметностима, Студентски културни центар, Београд, 1998.

[4]. ASHRAE: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, ANSI/

[5]. Attia, S., et al. "Architect Friendly" : a comparison of ten different building performance simulation tools. in IBPSA Conference. 2009. Glasgow, Scotland: International Building Performance Simulation Association.

[6]. Brown RD, Gillespie TJ.: Microclimatic landscape design: creating thermal comfort and energy efficiency. New York: J. Wiley & Sons;1995,xi, p.193.

[7]. Bartfelder,F., M. Köhler.: Experimentelle untersuchungen zur function von fassadenbegrünungen, Dissertation TU Berlin 612S, 1987.

[8]. Blom, L. Itard, A. Meijer,: LCA-based environmental assessment of the use and maintenance of heating and ventilation systems in Dutch dwellings, Building and Environment 45 (2010) 2362–2372.

[9]. Вентури, Р.,: Сложености и противречности у архитектури, ИРО Грађевинска књига, Београд, 1989.

[10]. Вујовић, Б,: Београд у прошлости и садашњости, Драганић, Београд (1994.)

[11]. Volf, J.: Енциклопедија собног биља, АКИА Мали принц, Београд 2007.

[12]. Вујанић М.: Речник Српског језика, Матица Српска, Нови Сад 2007.

[13]. Грбић, М.: Историја вртне уметности, Унивезитет у Београду – Шумарски факултет, Београд 2015.

[14]. Gel, J.: Живот међу зградама, Урбанистички завод Београда, Београд 2010.

[15]. Danijels, K.: Технологија еколошког грађења, Јасен, Београд 2009.

[16]. Делијанић, И.: Климатологија, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд 1996.

[17]. Димић С., докторска дисертација, Међузависност облика стамбене зграде и њене материјализације прилог методологији пројектовања, Архитектонски факултет, Београд

[18]. Dunnet, N. Kingsbury,: Planting Green Roofs and Living Walls, Timber Press, Oregon, 2004.

[19]. Dunnett N, Kingsbury N.: Planting green roofs and living walls. Portland, Or: Timber Press; 2008, VII, p.328.

[20]. Гидион, С.: Простор, време и архитектура, Грађевинска књига, Београд, 2002.

[21]. Golic, K., Kosoric, V., Krstic-Furundzic, A.:General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment-Potental energy savings and environmental impact, Renewable&Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 3, април 2011, Elsevier, pp. 1533-1544.

[22]. Grant G. : Green roofs and facades. Bracknell: IHS BRE Press; 2006.

[23]. Димић, С.: Међузависност облика стамбене зграде и њене материјализације прилог методологији пројектовања, докторска дисертација, Архитектонски факултет, Београд, 1993.

[24]. Dinsdale S, Pearen B, Wilson C.: Feasibility study for green roof application on Queen's University campus. Queen's Physical Plant Services; 2006.

[25]. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings – EPBD, Official Journal of the European Union, 153, 2010, pp. 13-35.

[26]. Дукић, Д.: Климатологија, Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд 2007.

[27]. Dunnet, N. Kingsbury,:Planting Green Roofs and Living Walls, Timber Press, Oregon, 2004.

[28]. Eumorfopoulou, E.A, K.J. Kontoleon,: Experimental approach to the contribution of plant covered walls to the thermal behaviour of building envelopes, Building and Environment 44 (2009) 1024–1038

[29]. Ђокић, В.,: Урбана морфологија – град и градски простор, Универзитет у Београду – Архитектонски факултет Београд, Београд 2004.

[30]. Ђокић, В.,: Утицај климатских промена на планирање и пројектовање, Универзитет у Београду – Архитектонски факултет Београд, Београд 2014.

[31]. Eumorfopoulou EA, Kontoleon KJ.: Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes. Build Environ 2009.

[32]. Fjeld, T., Bonnevie, C.,: The effect of plants and artificial day-light on the well-being and health of office workers, school children, and health care personnel, in International Horticultural Exhibtion Floriade 2002. 2002.

[33]. Kaplan, S.,: The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. Journal of Environmental Psychology, 1995. 15(3): p. 169-182.

[34]. Клајм, И.: Велики речник страних речи и израза, Прометеј, Нови Сад, 2006.

[35]. Крстић, А.: Разноврсност материјализације архитектонских структура, Архитектонски факултет, Београд, 2003.

[36]. Krstic-Furundzic, A.,: Energy efficiency, chapter of the monograph Suburbanscapes", COST Action TU0701, edited by Roberto Di Giulio, Universita di Ferrara, Dipartimento di Architettura, Alinea Editrice, Florence, Italy, 2012, pp. 31-36.

[37]. Krstic-Furundzic, A., Sudimac, B.,:Improvement of Energy Efficiency of Office Building in Belgrade by Application of PV Modules, Advanced Construction, Proceedings of the 2nd International Conference, Litvanija, Kaunas, November 2010., pp. 248-254 .

[38]. Krstic-Furundzic, A., Kosic, T.: Analysis of energy efficiency of the office building in downtown of Belgrade, Proceedings of the 4th Knowledge Cities World Summit-KCWS 2011, Editors Tan Yigiteanlar&Ana Cristina Fachinelli, The World Capital Institute and Ibero-American Community for Knowledge Cities, Bento Goncalves, Brazil, 26-27 October 2011, pp. 209-220.

[39]. Krstić, A.: Multifunkcionalne krovne strukture energetski efikasnih zgrada, - Архитектура и урбанизам, 2006, 18(19), 34-47.

[40]. Krstic, A. & Rajcic, A.: Improvement of thermal performances of external walls aimed to produce energy rational buildings. Proceedings of the 3rd International Conference for Teachers of Architecture, School of Architecture, Oxford Brookes University, Oxford: Oxford Brookes University, 2000.

[41]. Kumar R., Kaushik S.C.: Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings. Building and Environment, Volume 40, Issue 11, November 2005, Pages 1505 – 1511.

[42]. Köhler, M.: Green Facadesa view back and some visions. Urban Ecosystems 2008. 11(4): 423-436.

[43]. Lam M, Ip K, Miller A.: Experimental modelling of deciduous climbing plants as shading devices. In: Sustainable buildings 2002 – third international conference on sustainable buildings. Oslo, Norway: EcoBuild; 2002.

[44]. Lam HY. : Thermal performance of deciduous climbing plants on glazed building facades, PhD thesis. In: School of the environment. Brighton: University of Brighton; 2007.

[45]. Mayer, H. and P. Hppe,: Thermal comfort of man in different urban environments. Theoretical and Applied Climatology, 1987. (1): p. 43-49.

[46]. Мако, В.: Естетика – Архитектура, Орион – арт, Београд 2005.

[47]. Marinelli, J.: Plant, Dorling Kindersley Limited, London 2004.

[48]. Maziarz,A.,: Performance of the double skin fac¸ade with plants, TU Delft, Delft, 2003, p. 105.

[49]. Медвед, С.: Грађевинска физика, Универзитет у Новом Пазару, Нови Пазар 2014.

[50]. Miller A, Shaw K, Lam M.: Vegetation on building facades: ‘‘Bioshader’’. Case Study Report; 2007.

[51]. Михајловић Д.: Методологија научних истраживања, Универзитет у Београду Факултет организационих наука, Београд 2004.

[52]. Михајловић – Ристивојевић, М.: Особине и перформансе материјала у архитектури, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд, 1995.

[53]. Moggi, G.: Цвијеће у кући и врту, Графички завод Хрватске, Загреб 1983.

[54]. Ochoa JM.: La vegetación como instrumento para el control bioclimàtico. PhD thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain; 1999.

[55]. Quentin, P.: The architects' Handbook, Blackwell Science Ltd, Oxford, Malden, Carlton, 2005.

[56]. Papadakis, G., Tsamis, P. & Kyritsis, S., :An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings. Energy and Buildings, 33, 2001. pp. 831-836.

[57]. Papadakis, G., Tsamis, P. & Kyritsis, S.,: An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings. Energy and Buildings, 33, 2001. pp. 831-836.

[58]. Parker JH.: The use of shrubs in energy conservation in plantings. Landscape Journal 1987;6:132–9.

[59]. Pech, A.: Baukonstruktionen, Springer, Wien, 2005.

[60]. Peck, S.W. et al., Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada, Status Report on Benefits, Barriers and Opportunities for Green Roof and Vertical Garden Technology Diffusion, Environmental Adaptation Research Group, Canada, 1999.

[61]. Плавшић, К.,: Вертикални вртови, Одржива градња и урбане оазе, International GreenBuild Conference 2011.

[62]. Portoghesi, P.: Nature and Architecture, Skipa editore s.p.a, 2000.

[63]. Радивојевић, А.: Конструкције и технике грађења античког рима, Орион арт, Београд, 2004.

[64]. Ракочевић, М.: 24 часа архитектуре – увод у архитектонско пројектовање, А.Р.К.А. Академиа нова, Београд, 2001.

[65]. Речник српскохрватског књижевног и народног језика, књига XXII, Српска академија наука и уметности, Београд 1984.

[66]. Riera, O.: Materials: architectura in detail, Rockport Publishers, USA, 2003.

[67]. Santamouris, M.: Energy and climate in the urban built environment, James and James, London 2001.

[68]. Српска Академија наука и уметности, :Речник појмова ликовних уметности и архитектуре, Српска Академија наука и уметности – Завод за уџбенике, Београд 2014.

[69]. Saelens,D.,Blocken, B., Roels,S., Hens,H.: Optimization of the energy performance of multiple-skin facades, in: Ninth International IBPSA Conference, Montreal, Canada, August 15–18, 2005.

[70]. Salisbury FB, Ross CW.: Plant physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Company; 1992.

[71]. Santamouris M., Pavlou C., Doukas P., Mihilakakou G., Synnefa A., Hatzibiros A., Patargias P.: Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. Energy, Volume 32, Issue 9, September 2007, Pages 1781 – 1788.

[72]. Stattmann,N.: Ultra light-super strong, Birkhauser, 2003.

[73]. Stec WJ, Van Paassen AHC, Maziarz A.,: Modelling the double skin façade with plants. Energy and Buildings 2005; 37(5):419-427.

[74]. Schittich, C.: Detail: Building Skins, Birkhauser; Basel, Boston, Berlin 2002.

[75]. Sunakorn P, Yimprayoon C.: Performance of facade greening in the tropical region. Journal of Energy 2007. Bangkok: Energy Research Institute, Chulalongkorn University; vol.9/2551: 50-64.

[76]. Топић, Р.: Обновљиви и секундарни ресурси, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд 2013.

[77]. Ункашевић, М.: Клима Београда, Научна књига, Београд, 2004.

[78]. Fjeld, T., Bonnevie, C.,: The effect of plants and artificial day-light on the well-being and health of office workers, school children, and health care personnel, in International Horticultural Exhibtion Floriade 2002. 2002.

[79]. Фишер, Е.: О потреби уметности, Минерва, Суботица-Београд, 1966.

[80]. Hoyano, A. : Climatological uses of plans for solar control and the effects on the thermal environment of a building. Energy and buildings, 11, 1988. pp. 181-199.

[81]. Salisbury FB, Ross CW.: Plant physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Company; 1992 .

[82]. Todd JJ. :Urban air quality. Environmental Design Guide by the Royal Australian Institute of Architects. Gen 2000;34:1–8.

[83]. Cantuaria G.: A comparative study of the thermal performance of vegetation on building surfaces. In: PLEA: architecture, city, environment. Cambridge, UK: James & James (Science Publishers) Ltd; 2000.

[84]. Cheng CY, Cheung KKS, Chu LM.: Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. Build Environ 2010;45:1779–87.

[85]. Шамић, М. : Како настаје научно дјело, Свјетлост, Сарајево, 1980.

[86]. Шћепановић, И.: Све у цвијећу – приручник о гајењу биљака, Младинска књига, Загреб, 1980.

[87]. Шуваковић, М.: Појмовник – теорије уметности, Орион Арт, Београд, 2011.

[88]. Wong NH, Tan AYK, Tan PY, Wong NC.: Energy simulation of greenery systems. Energy Build 2009;41:1401–8.

[89]. Wong NH, Tan AYK, Chen Y, Sekar K, Tan PY, Chan D, et al.: Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. Build Environ 2010;45:663–72

[90]. Wolverton,B.C., Johnson,A.,Bounds,K.: Interior landscape plants for indoor air pollution abatement, Interiorscape (11) (1989) 37–63.

[91]. Wolverton BC, Wolverton JD.: Plants and soil microorganisms: removal of formaldehyde, xylene and ammonia from the indoor environment. Journal of the Mississippi Academy of Sciences 1993;38(2):11–5.

[92]. Wong, N.H., et al., Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls, Building and Environment (2009), doi:10.1016/j.buildenv.2009.08.005.

- **Часописи:**

[93]. Architectural Review 9/2001, 4/98

[94]. Baumeister B11, 11/200

[95]. Detail 5/2004, 2/2000, 4/2000, 1/1986 2/1994, 2/1996, 2/1990

[96]. DBZ 12/2001, 8/2004.

[97]. Wer, Bauen+Wohnen 6/1989.

[98]. Made – at the weish school of architecture 8/2013

- **Закони и правилници и стандарди**

[99]. ЈУС У.Ј1.050 из 1997., Заштита од пожара у грађевинарству. Понашање грађевинских материјала у пожару. Преглед и класификације грађевинских материјала

[100]. Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник Републике Србије, бр. 2011/61.

[101]. Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Службени гласник Републике Србије, бр. 2011/61.

[102]. ЈУС У.Ј1.010 из 1973., Заштита од пожара. Испитивање грађевинских материјала и конструкција. Дефинисање појмова

[103]. 2002/91/EC, Directive of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings (EPBD), of 16 December 2002

[104]. СРПС У.А9.005 Стандарди и перформансе у грађењу

[105]. СРПС ЕН ИСО 13790:2010 Укупна потребна енергија за грејање и хлађење

[106]. СРПС ЕН 13829:2008 Топлотне перформансе зграда – Одређивање ваздушне пропустљивости зграда

- **Интернет извори** :

[107]. www.greenroofs.org

[108]. http://www.znanje.org

[109]. https://www.pinterest.com

[110]. http://www.poljohercegovina.org

[111]. http://www.dgt.uns.ac.rs

[112]. http://www.rgf.bg.ac.rs

[113]. http://www.hrleksikon.info

[114]. http://www.zzjzsombor.org

[115]. http://www.zjzs.org.rs

[116]. http://www.gradjevinarstvo.rs

[117]. http://www.hidmet.gov.rs/

[118]. http://www.maps.google.com

ПРИЛОЗИ

Прилози који су приложени уз истраживање односе се на аналитечке делове истраживања . Прилози садрже одређене нумеричке податке, графичке интерпретације упоредних мерних вредности.

Прилог 1 Табеларни приказ измерених температурних вредности за моделе М1,М2,М3 245

Прилог 2 Нумеричка термоеграфскаа анализа практичних модела М1, М2, М3 257

Прилог 3 Нумеричка анализа – Хипотетички модел, постојеће и унапређено стање..... 260

Прилог 1 Табеларни приказ измерених температурних вредности за моделе М1,М2,М3

ЈУЖНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М1

Модел М1: Модуларни систем са перфорираним кутијама							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
1.7	7:00	19.4	18.09	17.75	1.31	1.65	0.79
	14:00	27.8	26.03	25.10	1.77	2.70	0.65
	21:00	22.4	21.18	20.44	1.22	1.96	0.62
2.7	7:00	22.2	20.71	20.32	1.49	1.88	0.79
	14:00	28.8	26.65	26.00	2.15	2.80	0.77
	21:00	26.3	24.92	23.99	1.38	2.31	0.60
3.7	7:00	20.8	19.40	19.04	1.40	1.76	0.79
	14:00	29.2	27.38	26.36	1.82	2.84	0.64
	21:00	24.2	22.96	22.08	1.24	2.12	0.58
4.7	7:00	21.1	19.68	19.31	1.42	1.79	0.79
	14:00	30.3	28.92	27.35	1.38	2.95	0.47
	21:00	25.3	23.86	23.08	1.44	2.22	0.65
5.7	7:00	22.0	20.52	20.13	1.48	1.87	0.79
	14:00	32.3	30.28	29.16	2.02	3.14	0.64
	21:00	26.7	25.54	24.36	1.16	2.34	0.50
6.7	7:00	25.6	23.88	23.43	1.72	2.17	0.79
	14:00	33.2	32.42	29.97	0.78	3.23	0.24
	21:00	27.1	25.86	24.72	1.24	2.38	0.52
7.7	7:00	26.0	24.25	23.80	1.75	2.20	0.79
	14:00	34.2	32.26	30.88	1.94	3.32	0.58
	21:00	28.4	27.23	25.91	1.17	2.49	0.47
8.7	7:00	28.6	26.68	26.17	1.92	2.43	0.79
	14:00	37.0	34.61	33.40	2.39	3.60	0.66
	21:00	29.8	28.24	27.19	1.56	2.61	0.60
9.7	7:00	19.7	18.37	18.03	1.33	1.67	0.79
	14:00	23.5	22.42	21.22	1.08	2.28	0.47
	21:00	20.8	20.08	18.98	0.72	1.82	0.39
10.7	7:00	18.3	17.07	16.75	1.23	1.55	0.79
	14:00	25.2	23.55	22.75	1.65	2.45	0.67
	21:00	20.4	19.29	18.61	1.11	1.79	0.62
11.7	7:00	19.0	17.72	17.39	1.28	1.61	0.79
	14:00	26.6	24.86	24.01	1.74	2.59	0.67
	21:00	22.6	21.57	20.62	1.03	1.98	0.52
12.7	7:00	22.7	21.17	20.78	1.53	1.92	0.79
	14:00	30.7	29.30	27.72	1.40	2.98	0.47
	21:00	25.1	23.40	22.90	1.70	2.20	0.77
13.7	7:00	24.9	23.22	22.79	1.68	2.11	0.79
	14:00	26.6	25.68	24.01	0.92	2.59	0.36
	21:00	22.6	21.12	20.62	1.48	1.98	0.75
14.7	7:00	24.0	22.38	21.96	1.62	2.04	0.79
	14:00	26.8	24.99	24.20	1.81	2.60	0.69
	21:00	23.1	21.59	21.07	1.51	2.03	0.75

Легенда:

Тев – Спољашња температура ваздуха

Тез – Спољашња температура фасадног зида

Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

ЈУЖНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М2

Модел М2. Модуларни систем са платненом подлогом							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	Б=Тев-Тез/Тев-Тиз
1.7	7:00	19.4	17.65	17.75	1.75	1.65	1.06
	14:00	27.8	25.58	25.10	2.22	2.70	0.82
	21:00	22.4	20.83	20.44	1.57	1.96	0.80
2.7	7:00	22.2	20.29	20.32	1.91	1.88	1.01
	14:00	28.8	26.58	26.00	2.22	2.80	0.79
	21:00	26.3	24.92	23.99	1.38	2.31	0.60
3.7	7:00	20.8	19.16	19.04	1.64	1.76	0.93
	14:00	29.2	27.38	26.36	1.82	2.84	0.64
	21:00	24.2	22.64	22.08	1.56	2.12	0.74
4.7	7:00	21.1	19.25	19.31	1.85	1.79	1.03
	14:00	30.3	27.57	27.35	2.73	2.95	0.93
	21:00	25.3	23.08	23.08	2.22	2.22	1.00
5.7	7:00	22.0	20.34	20.13	1.66	1.87	0.89
	14:00	32.3	29.47	29.16	2.83	3.14	0.90
	21:00	26.7	24.95	24.36	1.75	2.34	0.75
6.7	7:00	25.6	23.59	23.43	2.01	2.17	0.93
	14:00	33.2	31.33	29.97	1.87	3.23	0.58
	21:00	27.1	25.05	24.72	2.05	2.38	0.86
7.7	7:00	26.0	23.66	23.80	2.34	2.20	1.06
	14:00	34.2	31.58	30.88	2.62	3.32	0.79
	21:00	28.4	25.91	25.91	2.49	2.49	1.00
8.7	7:00	28.6	26.35	26.17	2.25	2.43	0.93
	14:00	37.0	34.21	33.40	2.79	3.60	0.78
	21:00	29.8	27.22	27.19	2.58	2.61	0.99
9.7	7:00	19.7	17.92	18.03	1.78	1.67	1.06
	14:00	23.5	21.23	21.22	2.27	2.28	1.00
	21:00	20.8	19.21	18.98	1.59	1.82	0.87
10.7	7:00	18.3	16.86	16.75	1.44	1.55	0.93
	14:00	25.2	23.27	22.75	1.93	2.45	0.79
	21:00	20.4	18.63	18.61	1.77	1.79	0.99
11.7	7:00	19.0	17.58	17.39	1.42	1.61	0.88
	14:00	26.6	24.32	24.01	2.28	2.59	0.88
	21:00	22.6	20.87	20.62	1.73	1.98	0.87
12.7	7:00	22.7	20.74	20.78	1.96	1.92	1.02
	14:00	30.7	28.38	27.72	2.32	2.98	0.78
	21:00	25.1	22.93	22.90	2.17	2.20	0.99
13.7	7:00	24.9	22.61	22.79	2.29	2.11	1.09
	14:00	26.6	24.86	24.01	1.74	2.59	0.67
	21:00	22.6	20.87	20.62	1.73	1.98	0.87
14.7	7:00	24.0	21.90	21.96	2.10	2.04	1.03
	14:00	26.8	24.24	24.20	2.56	2.60	0.98
	21:00	23.1	21.07	21.07	2.03	2.03	1.00

Легенда:

Тев – Спољашња температура ваздуха

Тез – Спољашња температура фасадног зида

Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

ЈУЖНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М3

Модел М3. Модуларни систем са обједињеним садним елементом							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	Б=Тев-Тез/Тев-Тиз
1.7	7:00	19.4	17.74	17.75	1.66	1.65	1.01
	14:00	27.8	25.67	25.10	2.13	2.70	0.79
	21:00	22.4	20.95	20.44	1.45	1.96	0.74
2.7	7:00	22.2	20.52	20.32	1.68	1.88	0.89
	14:00	28.8	26.87	26.00	1.93	2.80	0.69
	21:00	26.3	24.75	23.99	1.55	2.31	0.67
3.7	7:00	20.8	19.14	19.04	1.66	1.76	0.94
	14:00	29.2	27.09	26.36	2.11	2.84	0.74
	21:00	24.2	22.40	22.08	1.80	2.12	0.85
4.7	7:00	21.1	19.04	19.31	2.06	1.79	1.15
	14:00	30.3	27.87	27.35	2.43	2.95	0.83
	21:00	25.3	22.83	23.08	2.47	2.22	1.11
5.7	7:00	22.0	20.12	20.13	1.88	1.87	1.01
	14:00	32.3	29.14	29.16	3.16	3.14	1.01
	21:00	26.7	24.69	24.36	2.01	2.34	0.86
6.7	7:00	25.6	23.33	23.43	2.27	2.17	1.05
	14:00	33.2	30.99	29.97	2.21	3.23	0.68
	21:00	27.1	24.78	24.72	2.32	2.38	0.98
7.7	7:00	26.0	23.92	23.80	2.08	2.20	0.94
	14:00	34.2	31.24	30.88	2.96	3.32	0.89
	21:00	28.4	25.63	25.91	2.77	2.49	1.11
8.7	7:00	28.6	26.06	26.17	2.54	2.43	1.05
	14:00	37.0	33.84	33.40	3.16	3.60	0.88
	21:00	29.8	27.52	27.19	2.28	2.61	0.87
9.7	7:00	19.7	18.12	18.03	1.58	1.67	0.94
	14:00	23.5	21.46	21.22	2.04	2.28	0.89
	21:00	20.8	19.00	18.98	1.80	1.82	0.99
10.7	7:00	18.3	16.68	16.75	1.62	1.55	1.05
	14:00	25.2	23.02	22.75	2.18	2.45	0.89
	21:00	20.4	19.06	18.61	1.34	1.79	0.75
11.7	7:00	19.0	17.39	17.39	1.61	1.61	1.00
	14:00	26.6	24.59	24.01	2.01	2.59	0.78
	21:00	22.6	21.10	20.62	1.50	1.98	0.76
12.7	7:00	22.7	20.96	20.78	1.74	1.92	0.90
	14:00	30.7	28.97	27.72	1.73	2.98	0.58
	21:00	25.1	23.44	22.90	1.66	2.20	0.75
13.7	7:00	24.9	22.86	22.79	2.04	2.11	0.97
	14:00	26.6	25.15	24.01	1.45	2.59	0.56
	21:00	22.6	21.10	20.62	1.50	1.98	0.76
14.7	7:00	24.0	22.14	21.96	1.86	2.04	0.92
	14:00	26.8	24.51	24.20	2.29	2.60	0.88
	21:00	23.1	21.31	21.07	1.79	2.03	0.89

Легенда:

Тев – Спољашња температура ваздуха

Тез – Спољашња температура фасадног зида

Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

ИСТОЧНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М1

Модел М1: Модуларни систем са перфорираним кутијама							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
14.7	7:00	24.0	22.38	21.96	1.62	2.04	0.79
	14:00	26.8	24.99	24.20	1.81	2.60	0.69
	21:00	23.1	21.59	21.07	1.51	2.03	0.75
15.7	7:00	24.0	22.38	21.96	1.62	2.04	0.79
	14:00	29.9	28.20	26.99	1.70	2.91	0.58
	21:00	26.8	25.63	24.45	1.17	2.35	0.50
16.7	7:00	26.1	24.34	23.89	1.76	2.21	0.79
	14:00	33.5	31.30	30.24	2.20	3.26	0.68
	21:00	27.8	26.29	25.36	1.51	2.44	0.62
17.7	7:00	28.0	26.12	25.63	1.88	2.37	0.79
	14:00	35.6	33.73	32.14	1.87	3.46	0.54
	21:00	30.2	28.22	27.55	1.98	2.65	0.75
18.7	7:00	27.2	25.37	24.89	1.83	2.31	0.79
	14:00	35.7	33.29	32.23	2.41	3.47	0.69
	21:00	31.0	29.31	28.28	1.69	2.72	0.62
19.7	7:00	27.4	25.56	25.08	1.84	2.32	0.79
	14:00	37.5	35.79	33.86	1.71	3.65	0.47
	21:00	30.0	28.96	27.37	1.04	2.63	0.39
20.7	7:00	27.4	25.56	25.08	1.84	2.32	0.79
	14:00	33.8	31.81	30.51	1.99	3.29	0.60
	21:00	29.4	27.74	26.82	1.66	2.58	0.64
21.7	7:00	26.3	24.53	24.07	1.77	2.23	0.79
	14:00	34.2	31.96	30.88	2.24	3.32	0.67
	21:00	29.8	27.71	27.19	2.09	2.61	0.80
22.7	7:00	27.7	25.84	25.35	1.86	2.35	0.79
	14:00	36.5	34.11	32.95	2.39	3.55	0.67
	21:00	32.2	30.01	29.38	2.19	2.82	0.77
23.7	7:00	29.0	27.05	26.54	1.95	2.46	0.79
	14:00	37.0	33.95	33.40	3.05	3.60	0.85
	21:00	30.2	28.08	27.55	2.12	2.65	0.80
24.7	7:00	24.4	22.76	22.33	1.64	2.07	0.79
	14:00	35.3	32.99	31.87	2.31	3.43	0.67
	21:00	30.3	28.68	27.64	1.62	2.66	0.61
25.7	7:00	27.6	25.74	25.26	1.86	2.34	0.79
	14:00	36.0	33.96	32.50	2.04	3.50	0.58
	21:00	29.2	27.87	26.64	1.33	2.56	0.52
26.7	7:00	22.9	21.36	20.96	1.54	1.94	0.79
	14:00	26.1	23.95	23.56	2.15	2.54	0.85
	21:00	23.2	21.57	21.17	1.63	2.03	0.80
27.7	7:00	22.2	20.71	20.32	1.49	1.88	0.79
	14:00	31.1	29.33	28.08	1.77	3.02	0.58
	21:00	20.1	19.18	18.34	0.92	1.76	0.52
28.7	7:00	19.9	18.56	18.21	1.34	1.69	0.79
	14:00	28.7	26.50	25.91	2.20	2.79	0.79
	21:00	24.6	23.25	22.44	1.35	2.16	0.62
29.7	7:00	25.2	23.50	23.06	1.70	2.14	0.79
	14:00	33.4	30.64	30.15	2.76	3.25	0.85
	21:00	27.9	25.94	25.45	1.96	2.45	0.80
30.7	7:00	21.1	19.68	19.31	1.42	1.79	0.79
	14:00	28.6	26.24	25.82	2.36	2.78	0.85
	21:00	23.0	21.39	20.98	1.61	2.02	0.80
31.7	7:00	19.0	17.72	17.39	1.28	1.61	0.79
	14:00	19.0	17.43	17.15	1.57	1.85	0.85
	21:00	18.6	17.29	16.97	1.31	1.63	0.80

Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

ИСТОЧНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М2

Модел М2: Модуларни систем са платненом подлогом							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
15.7	7:00	24.0	21.84	21.96	2.16	2.04	1.06
	14:00	29.9	27.62	26.99	2.28	2.91	0.79
	21:00	26.8	24.75	24.45	2.05	2.35	0.87
16.7	7:00	26.1	23.81	23.89	2.29	2.21	1.03
	14:00	33.5	30.97	30.24	2.53	3.26	0.78
	21:00	27.8	25.61	25.36	2.19	2.44	0.90
17.7	7:00	28.0	25.54	25.63	2.46	2.37	1.03
	14:00	35.6	32.16	32.14	3.44	3.46	0.99
	21:00	30.2	27.82	27.55	2.38	2.65	0.90
18.7	7:00	27.2	24.72	24.89	2.48	2.31	1.08
	14:00	35.7	32.17	32.23	3.53	3.47	1.02
	21:00	31.0	28.38	28.28	2.62	2.72	0.96
19.7	7:00	27.4	25.03	25.08	2.37	2.32	1.02
	14:00	37.5	34.63	33.86	2.87	3.65	0.79
	21:00	30.0	28.30	27.37	1.70	2.63	0.65
20.7	7:00	27.4	25.18	25.08	2.22	2.32	0.96
	14:00	33.8	31.21	30.51	2.59	3.29	0.79
	21:00	29.4	26.99	26.82	2.41	2.58	0.94
21.7	7:00	26.3	23.99	24.07	2.31	2.23	1.03
	14:00	34.2	31.21	30.88	2.99	3.32	0.90
	21:00	29.8	27.11	27.19	2.69	2.61	1.03
22.7	7:00	27.7	25.09	25.35	2.61	2.35	1.11
	14:00	36.5	33.30	32.95	3.20	3.55	0.90
	21:00	32.2	29.16	29.38	3.04	2.82	1.08
23.7	7:00	29.0	26.36	26.54	2.64	2.46	1.07
	14:00	37.0	33.34	33.40	3.66	3.60	1.02
	21:00	30.2	27.65	27.55	2.55	2.65	0.96
24.7	7:00	24.4	22.39	22.33	2.01	2.07	0.97
	14:00	35.3	32.26	31.87	3.04	3.43	0.88
	21:00	30.3	27.98	27.64	2.32	2.66	0.87
25.7	7:00	27.6	25.18	25.26	2.42	2.34	1.03
	14:00	36.0	33.04	32.50	2.96	3.50	0.85
	21:00	29.2	27.28	26.64	1.92	2.56	0.75
26.7	7:00	22.9	21.04	20.96	1.86	1.94	0.96
	14:00	26.1	23.52	23.56	2.58	2.54	1.02
	21:00	23.2	21.04	21.17	2.16	2.03	1.06
27.7	7:00	22.2	20.30	20.32	1.90	1.88	1.01
	14:00	31.1	28.72	28.08	2.38	3.02	0.79
	21:00	20.1	18.74	18.34	1.36	1.76	0.77
28.7	7:00	19.9	18.24	18.21	1.66	1.69	0.98
	14:00	28.7	26.21	25.91	2.49	2.79	0.89
	21:00	24.6	23.07	22.44	1.53	2.16	0.71
29.7	7:00	25.2	23.02	23.06	2.18	2.14	1.02
	14:00	33.4	30.25	30.15	3.15	3.25	0.97
	21:00	27.9	25.18	25.45	2.72	2.45	1.11
30.7	7:00	21.1	19.34	19.31	1.76	1.79	0.98
	14:00	28.6	25.77	25.82	2.83	2.78	1.02
	21:00	23.0	21.06	20.98	1.94	2.02	0.96
31.7	7:00	19.0	17.39	17.39	1.61	1.61	1.00
	14:00	19.0	17.24	17.15	1.76	1.85	0.95
	21:00	18.6	17.03	16.97	1.57	1.63	0.96

Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

ИСТОЧНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М3

Модел М3: Модуларни систем са обједињеним садним елементом							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
15.7	7:00	24.0	22.08	21.96	1.92	2.04	0.94
	14:00	29.9	27.99	26.99	1.91	2.91	0.66
	21:00	26.8	24.48	24.45	2.32	2.35	0.99
16.7	7:00	26.1	24.07	23.89	2.03	2.21	0.92
	14:00	33.5	31.66	30.24	1.84	3.26	0.57
	21:00	27.8	25.89	25.36	1.91	2.44	0.78
17.7	7:00	28.0	25.82	25.63	2.18	2.37	0.92
	14:00	35.6	33.27	32.14	2.33	3.46	0.67
	21:00	30.2	27.58	27.55	2.62	2.65	0.99
18.7	7:00	27.2	25.54	24.89	1.66	2.31	0.72
	14:00	35.7	32.89	32.23	2.81	3.47	0.81
	21:00	31.0	28.56	28.28	2.44	2.72	0.90
19.7	7:00	27.4	25.03	25.08	2.37	2.32	1.02
	14:00	37.5	35.04	33.86	2.46	3.65	0.67
	21:00	30.0	27.96	27.37	2.04	2.63	0.78
20.7	7:00	27.4	25.45	25.08	1.95	2.32	0.84
	14:00	33.8	31.59	30.51	2.21	3.29	0.67
	21:00	29.4	27.28	26.82	2.12	2.58	0.82
21.7	7:00	26.3	24.29	24.07	2.01	2.23	0.90
	14:00	34.2	31.62	30.88	2.58	3.32	0.78
	21:00	29.8	27.41	27.19	2.39	2.61	0.91
22.7	7:00	27.7	25.36	25.35	2.34	2.35	1.00
	14:00	36.5	33.73	32.95	2.77	3.55	0.78
	21:00	32.2	29.48	29.38	2.72	2.82	0.96
23.7	7:00	29.0	26.94	26.54	2.06	2.46	0.84
	14:00	37.0	34.08	33.40	2.92	3.60	0.81
	21:00	30.2	27.95	27.55	2.25	2.65	0.85
24.7	7:00	24.4	22.88	22.33	1.52	2.07	0.74
	14:00	35.3	33.32	31.87	1.98	3.43	0.58
	21:00	30.3	28.29	27.64	2.01	2.66	0.76
25.7	7:00	27.6	26.01	25.26	1.59	2.34	0.68
	14:00	36.0	33.40	32.50	2.60	3.50	0.74
	21:00	29.2	27.54	26.64	1.66	2.56	0.65
26.7	7:00	22.9	21.27	20.96	1.63	1.94	0.84
	14:00	26.1	24.04	23.56	2.06	2.54	0.81
	21:00	23.2	21.50	21.17	1.70	2.03	0.84
27.7	7:00	22.2	3.17	20.32	19.03	1.88	10.11
	14:00	31.1	29.06	28.08	2.04	3.02	0.67
	21:00	20.1	18.58	18.34	1.52	1.76	0.86
28.7	7:00	19.9	19.20	18.21	0.70	1.69	0.41
	14:00	28.7	26.81	25.91	1.89	2.79	0.68
	21:00	24.6	23.32	22.44	1.28	2.16	0.60
29.7	7:00	25.2	23.27	23.06	1.93	2.14	0.90
	14:00	33.4	30.58	30.15	2.82	3.25	0.87
	21:00	27.9	25.76	25.45	2.14	2.45	0.87
30.7	7:00	21.1	19.76	19.31	1.34	1.79	0.75
	14:00	28.6	26.35	25.82	2.25	2.78	0.81
	21:00	23.0	21.52	20.98	1.48	2.02	0.73
31.7	7:00	19.0	17.77	17.39	1.23	1.61	0.76
	14:00	19.0	17.62	17.15	1.38	1.85	0.74
	21:00	18.6	17.22	16.97	1.38	1.63	0.85

Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

ЗАПАДНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М1

Модел М1: Модуларни систем са перфорираним кутијама							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
1.8	7:00	17.8	16.60	16.29	1.20	1.51	0.79
	14:00	28.9	27.06	26.09	1.84	2.81	0.65
	21:00	23.2	21.94	21.17	1.26	2.03	0.62
2.8	7:00	23.5	21.92	21.51	1.58	1.99	0.79
	14:00	32.9	30.45	29.70	2.45	3.20	0.77
	21:00	27.4	25.96	25.00	1.44	2.40	0.60
3.8	7:00	24.1	22.48	22.06	1.62	2.04	0.79
	14:00	31.6	29.63	28.53	1.97	3.07	0.64
	21:00	26.8	25.43	24.45	1.37	2.35	0.58
4.8	7:00	24.7	23.04	22.61	1.66	2.09	0.79
	14:00	33.0	31.49	29.79	1.51	3.21	0.47
	21:00	27.0	25.47	24.63	1.53	2.37	0.65
5.8	7:00	24.2	22.57	22.15	1.63	2.05	0.79
	14:00	34.4	32.25	31.06	2.15	3.34	0.64
	21:00	29.2	27.93	26.64	1.27	2.56	0.50
6.8	7:00	24.1	22.48	22.06	1.62	2.04	0.79
	14:00	32.4	31.64	29.25	0.76	3.15	0.24
	21:00	26.8	25.57	24.45	1.23	2.35	0.52
7.8	7:00	25.7	23.97	23.52	1.73	2.18	0.79
	14:00	35.9	33.86	32.41	2.04	3.49	0.58
	21:00	29.4	28.19	26.82	1.21	2.58	0.47
8.8	7:00	27.1	25.28	24.80	1.82	2.30	0.79
	14:00	34.1	31.90	30.79	2.20	3.31	0.66
	21:00	27.4	25.96	25.00	1.44	2.40	0.60
9.8	7:00	25.1	23.41	22.97	1.69	2.13	0.79
	14:00	33.4	31.87	30.15	1.53	3.25	0.47
	21:00	26.9	25.97	24.54	0.93	2.36	0.39
10.8	7:00	25.4	23.69	23.25	1.71	2.15	0.79
	14:00	33.8	31.59	30.51	2.21	3.29	0.67
	21:00	28.0	26.48	25.54	1.52	2.46	0.62
11.8	7:00	26.0	24.25	23.80	1.75	2.20	0.79
	14:00	35.4	33.08	31.96	2.32	3.44	0.67
	21:00	29.2	27.87	26.64	1.33	2.56	0.52
12.8	7:00	23.6	22.01	21.60	1.59	2.00	0.79
	14:00	36.6	34.93	33.04	1.67	3.56	0.47
	21:00	30.9	28.81	28.19	2.09	2.71	0.77
13.8	7:00	25.1	23.41	22.97	1.69	2.13	0.79
	14:00	36.8	35.53	33.22	1.27	3.58	0.36
	21:00	30.4	28.41	27.73	1.99	2.67	0.75
14.8	7:00	27.3	25.46	24.98	1.84	2.32	0.79
	14:00	35.4	33.01	31.96	2.39	3.44	0.69
	21:00	29.3	27.38	26.73	1.92	2.57	0.75

Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

ЗАПАДНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М2

Модел М2: Модуларни систем са платненом подлогом							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
1.8	7:00	17.8	16.20	16.29	1.60	1.51	1.06
	14:00	28.9	26.59	26.09	2.31	2.81	0.82
	21:00	23.2	21.58	21.17	1.62	2.03	0.80
2.8	7:00	23.5	21.48	21.51	2.02	1.99	1.01
	14:00	32.9	30.37	29.70	2.53	3.20	0.79
	21:00	27.4	25.96	25.00	1.44	2.40	0.60
3.8	7:00	24.1	22.20	22.06	1.90	2.04	0.93
	14:00	31.6	29.63	28.53	1.97	3.07	0.64
	21:00	26.8	25.07	24.45	1.73	2.35	0.74
4.8	7:00	24.7	22.54	22.61	2.16	2.09	1.03
	14:00	33.0	30.02	29.79	2.98	3.21	0.93
	21:00	27.0	24.64	24.63	2.36	2.37	1.00
5.8	7:00	24.2	22.37	22.15	1.83	2.05	0.89
	14:00	34.4	31.38	31.06	3.02	3.34	0.90
	21:00	29.2	27.29	26.64	1.91	2.56	0.75
6.8	7:00	24.1	22.20	22.06	1.90	2.04	0.93
	14:00	32.4	30.57	29.25	1.83	3.15	0.58
	21:00	26.8	24.77	24.45	2.03	2.35	0.86
7.8	7:00	25.7	23.38	23.52	2.32	2.18	1.06
	14:00	35.9	33.15	32.41	2.75	3.49	0.79
	21:00	29.4	26.82	26.82	2.58	2.58	1.00
8.8	7:00	27.1	24.97	24.80	2.13	2.30	0.93
	14:00	34.1	31.53	30.79	2.57	3.31	0.78
	21:00	27.4	25.03	25.00	2.37	2.40	0.99
9.8	7:00	25.1	22.84	22.97	2.26	2.13	1.06
	14:00	33.4	30.17	30.15	3.23	3.25	1.00
	21:00	26.9	24.84	24.54	2.06	2.36	0.87
10.8	7:00	25.4	23.40	23.25	2.00	2.15	0.93
	14:00	33.8	31.21	30.51	2.59	3.29	0.79
	21:00	28.0	25.58	25.54	2.42	2.46	0.99
11.8	7:00	26.0	24.06	23.80	1.94	2.20	0.88
	14:00	35.4	32.37	31.96	3.03	3.44	0.88
	21:00	29.2	26.97	26.64	2.23	2.56	0.87
12.8	7:00	23.6	21.56	21.60	2.04	2.00	1.02
	14:00	36.6	33.83	33.04	2.77	3.56	0.78
	21:00	30.9	28.22	28.19	2.68	2.71	0.99
13.8	7:00	25.1	22.79	22.97	2.31	2.13	1.09
	14:00	36.8	34.39	33.22	2.41	3.58	0.67
	21:00	30.4	28.07	27.73	2.33	2.67	0.87
14.8	7:00	27.3	24.91	24.98	2.39	2.32	1.03
	14:00	35.4	32.02	31.96	3.38	3.44	0.98
	21:00	29.3	26.73	26.73	2.57	2.57	1.00

Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

ЗАПАДНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М3

Модел М3: Модуларни систем са обједињеним садним елементом							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
1.8	7:00	17.8	16.27	16.29	1.53	1.51	1.01
	14:00	28.9	26.69	26.09	2.21	2.81	0.79
	21:00	23.2	21.70	21.17	1.50	2.03	0.74
2.8	7:00	23.5	21.72	21.51	1.78	1.99	0.89
	14:00	32.9	30.70	29.70	2.20	3.20	0.69
	21:00	27.4	25.79	25.00	1.61	2.40	0.67
3.8	7:00	24.1	22.17	22.06	1.93	2.04	0.94
	14:00	31.6	29.31	28.53	2.29	3.07	0.74
	21:00	26.8	24.80	24.45	2.00	2.35	0.85
4.8	7:00	24.7	22.29	22.61	2.41	2.09	1.15
	14:00	33.0	30.35	29.79	2.65	3.21	0.83
	21:00	27.0	24.37	24.63	2.63	2.37	1.11
5.8	7:00	24.2	22.13	22.15	2.07	2.05	1.01
	14:00	34.4	31.04	31.06	3.36	3.34	1.01
	21:00	29.2	27.00	26.64	2.20	2.56	0.86
6.8	7:00	24.1	21.96	22.06	2.14	2.04	1.05
	14:00	32.4	30.25	29.25	2.15	3.15	0.68
	21:00	26.8	24.50	24.45	2.30	2.35	0.98
7.8	7:00	25.7	23.64	23.52	2.06	2.18	0.94
	14:00	35.9	32.79	32.41	3.11	3.49	0.89
	21:00	29.4	26.53	26.82	2.87	2.58	1.11
8.8	7:00	27.1	24.70	24.80	2.40	2.30	1.05
	14:00	34.1	31.19	30.79	2.91	3.31	0.88
	21:00	27.4	25.30	25.00	2.10	2.40	0.87
9.8	7:00	25.1	23.09	22.97	2.01	2.13	0.94
	14:00	33.4	30.50	30.15	2.90	3.25	0.89
	21:00	26.9	24.57	24.54	2.33	2.36	0.99
10.8	7:00	25.4	23.15	23.25	2.25	2.15	1.05
	14:00	33.8	30.87	30.51	2.93	3.29	0.89
	21:00	28.0	26.17	25.54	1.83	2.46	0.75
11.8	7:00	26.0	23.80	23.80	2.20	2.20	1.00
	14:00	35.4	32.72	31.96	2.68	3.44	0.78
	21:00	29.2	27.26	26.64	1.94	2.56	0.76
12.8	7:00	23.6	21.79	21.60	1.81	2.00	0.90
	14:00	36.6	34.54	33.04	2.06	3.56	0.58
	21:00	30.9	28.86	28.19	2.04	2.71	0.75
13.8	7:00	25.1	23.04	22.97	2.06	2.13	0.97
	14:00	36.8	34.80	33.22	2.00	3.58	0.56
	21:00	30.4	28.38	27.73	2.02	2.67	0.76
14.8	7:00	27.3	25.18	24.98	2.12	2.32	0.92
	14:00	35.4	32.38	31.96	3.02	3.44	0.88
	21:00	29.3	27.02	26.73	2.28	2.57	0.89

Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

СЕВЕРНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М1

Модел М1: Модуларни систем са перфорираним кутијама							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
15.8	7:00	27.3	25.46	24.98	1.84	2.32	0.79
	14:00	36.8	34.71	33.22	2.09	3.58	0.58
	21:00	29.2	27.93	26.64	1.27	2.56	0.50
16.8	7:00	25.1	23.41	22.97	1.69	2.13	0.79
	14:00	33.4	31.20	30.15	2.20	3.25	0.68
	21:00	20.5	19.39	18.70	1.11	1.80	0.62
17.8	7:00	23.0	21.45	21.05	1.55	1.95	0.79
	14:00	26.3	24.92	23.74	1.38	2.56	0.54
	21:00	19.3	18.04	17.61	1.26	1.69	0.75
18.8	7:00	19.4	18.09	17.75	1.31	1.65	0.79
	14:00	23.9	22.29	21.58	1.61	2.32	0.69
	21:00	22.3	21.09	20.34	1.21	1.96	0.62
19.8	7:00	20.2	18.84	18.49	1.36	1.71	0.79
	14:00	28.2	26.91	25.46	1.29	2.74	0.47
	21:00	21.2	20.47	19.34	0.73	1.86	0.39
20.8	7:00	19.0	17.72	17.39	1.28	1.61	0.79
	14:00	18.5	17.41	16.70	1.09	1.80	0.60
	21:00	17.5	16.51	15.97	0.99	1.53	0.64
21.8	7:00	17.2	16.04	15.74	1.16	1.46	0.79
	14:00	22.2	20.75	20.04	1.45	2.16	0.67
	21:00	17.9	16.64	16.33	1.26	1.57	0.80
22.8	7:00	16.6	15.48	15.19	1.12	1.41	0.79
	14:00	20.2	18.88	18.24	1.32	1.96	0.67
	21:00	17.0	15.85	15.51	1.15	1.49	0.77
23.8	7:00	16.1	15.02	14.73	1.08	1.37	0.79
	14:00	22.8	20.92	20.58	1.88	2.22	0.85
	21:00	18.9	17.57	17.24	1.33	1.66	0.80
24.8	7:00	18.3	17.07	16.75	1.23	1.55	0.79
	14:00	29.6	27.66	26.72	1.94	2.88	0.67
	21:00	23.3	22.05	21.26	1.25	2.04	0.61
25.8	7:00	22.5	20.99	20.59	1.51	1.91	0.79
	14:00	24.8	23.39	22.39	1.41	2.41	0.58
	21:00	21.6	20.61	19.71	0.99	1.89	0.52
26.8	7:00	18.4	17.16	16.84	1.24	1.56	0.79
	14:00	28.0	25.69	25.28	2.31	2.72	0.85
	21:00	23.2	21.57	21.17	1.63	2.03	0.80
27.8	7:00	20.2	18.84	18.49	1.36	1.71	0.79
	14:00	32.6	30.75	29.43	1.85	3.17	0.58
	21:00	25.9	24.72	23.63	1.18	2.27	0.52
28.8	7:00	24.2	22.57	22.15	1.63	2.05	0.79
	14:00	34.0	31.40	30.70	2.60	3.30	0.79
	21:00	27.4	25.90	25.00	1.50	2.40	0.62
29.8	7:00	22.7	21.17	20.78	1.53	1.92	0.79
	14:00	34.9	32.02	31.51	2.88	3.39	0.85
	21:00	27.0	25.10	24.63	1.90	2.37	0.80
30.8	7:00	23.6	22.01	21.60	1.59	2.00	0.79
	14:00	35.8	32.85	32.32	2.95	3.48	0.85
	21:00	28.7	26.69	26.18	2.01	2.52	0.80
31.8	7:00	26.3	24.53	24.07	1.77	2.23	0.79
	14:00	35.8	32.85	32.32	2.95	3.48	0.85
	21:00	27.7	25.76	25.27	1.94	2.43	0.80

Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

СЕВЕРНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М2

Модел М2: Модуларни систем са платненом подлогом							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
15.8	7:00	27.3	24.84	24.98	2.46	2.32	1.06
	14:00	36.8	33.99	33.22	2.81	3.58	0.79
	21:00	29.2	26.96	26.64	2.24	2.56	0.87
16.8	7:00	25.1	22.90	22.97	2.20	2.13	1.03
	14:00	33.4	30.88	30.15	2.52	3.25	0.78
	21:00	20.5	18.89	18.70	1.61	1.80	0.90
17.8	7:00	23.0	20.98	21.05	2.02	1.95	1.03
	14:00	26.3	23.76	23.74	2.54	2.56	0.99
	21:00	19.3	17.78	17.61	1.52	1.69	0.90
18.8	7:00	19.4	17.63	17.75	1.77	1.65	1.08
	14:00	23.9	21.54	21.58	2.36	2.32	1.02
	21:00	22.3	20.41	20.34	1.89	1.96	0.96
19.8	7:00	20.2	18.45	18.49	1.75	1.71	1.02
	14:00	28.2	26.04	25.46	2.16	2.74	0.79
	21:00	21.2	20.00	19.34	1.20	1.86	0.65
20.8	7:00	19.0	17.46	17.39	1.54	1.61	0.96
	14:00	18.5	17.08	16.70	1.42	1.80	0.79
	21:00	17.5	16.06	15.97	1.44	1.53	0.94
21.8	7:00	17.2	15.69	15.74	1.51	1.46	1.03
	14:00	22.2	20.26	20.04	1.94	2.16	0.90
	21:00	17.9	16.29	16.33	1.61	1.57	1.03
22.8	7:00	16.6	15.03	15.19	1.57	1.41	1.11
	14:00	20.2	18.43	18.24	1.77	1.96	0.90
	21:00	17.0	15.40	15.51	1.60	1.49	1.08
23.8	7:00	16.1	14.63	14.73	1.47	1.37	1.07
	14:00	22.8	20.55	20.58	2.25	2.22	1.02
	21:00	18.9	17.30	17.24	1.60	1.66	0.96
24.8	7:00	18.3	16.79	16.75	1.51	1.55	0.97
	14:00	29.6	27.05	26.72	2.55	2.88	0.88
	21:00	23.3	21.52	21.26	1.78	2.04	0.87
25.8	7:00	22.5	20.53	20.59	1.97	1.91	1.03
	14:00	24.8	22.76	22.39	2.04	2.41	0.85
	21:00	21.6	20.18	19.71	1.42	1.89	0.75
26.8	7:00	18.4	16.91	16.84	1.49	1.56	0.96
	14:00	28.0	25.23	25.28	2.77	2.72	1.02
	21:00	23.2	21.04	21.17	2.16	2.03	1.06
27.8	7:00	20.2	18.47	18.49	1.73	1.71	1.01
	14:00	32.6	30.10	29.43	2.50	3.17	0.79
	21:00	25.9	24.15	23.63	1.75	2.27	0.77
28.8	7:00	24.2	22.18	22.15	2.02	2.05	0.98
	14:00	34.0	31.06	30.70	2.94	3.30	0.89
	21:00	27.4	25.70	25.00	1.70	2.40	0.71
29.8	7:00	22.7	20.73	20.78	1.97	1.92	1.02
	14:00	34.9	31.61	31.51	3.29	3.39	0.97
	21:00	27.0	24.36	24.63	2.64	2.37	1.11
30.8	7:00	23.6	21.63	21.60	1.97	2.00	0.98
	14:00	35.8	32.26	32.32	3.54	3.48	1.02
	21:00	28.7	26.28	26.18	2.42	2.52	0.96
31.8	7:00	26.3	24.08	24.07	2.22	2.23	1.00
	14:00	35.8	32.49	32.32	3.31	3.48	0.95
	21:00	27.7	25.36	25.27	2.34	2.43	0.96

Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

СЕВЕРНА ОРЈЕНТАЦИЈА модел М3

Модел М3: Модуларни систем са обједињеним садним елементом							
		Тев	Тез	Тиз	Тев-Тез	Тев-Тиз	А=Тев-Тез/Тев-Тиз
15.8	7:00	27.3	25.11	24.98	2.19	2.32	0.94
	14:00	36.8	34.44	33.22	2.36	3.58	0.66
	21:00	29.2	26.67	26.64	2.53	2.56	0.99
16.8	7:00	25.1	23.15	22.97	1.95	2.13	0.92
	14:00	33.4	31.56	30.15	1.84	3.25	0.57
	21:00	20.5	19.09	18.70	1.41	1.80	0.78
17.8	7:00	23.0	21.21	21.05	1.79	1.95	0.92
	14:00	26.3	24.58	23.74	1.72	2.56	0.67
	21:00	19.3	17.63	17.61	1.67	1.69	0.99
18.8	7:00	19.4	18.21	17.75	1.19	1.65	0.72
	14:00	23.9	22.02	21.58	1.88	2.32	0.81
	21:00	22.3	20.54	20.34	1.76	1.96	0.90
19.8	7:00	20.2	18.45	18.49	1.75	1.71	1.02
	14:00	28.2	26.35	25.46	1.85	2.74	0.67
	21:00	21.2	19.76	19.34	1.44	1.86	0.78
20.8	7:00	19.0	17.65	17.39	1.35	1.61	0.84
	14:00	18.5	17.29	16.70	1.21	1.80	0.67
	21:00	17.5	16.24	15.97	1.26	1.53	0.82
21.8	7:00	17.2	15.88	15.74	1.32	1.46	0.90
	14:00	22.2	20.52	20.04	1.68	2.16	0.78
	21:00	17.9	16.46	16.33	1.44	1.57	0.91
22.8	7:00	16.6	15.20	15.19	1.40	1.41	1.00
	14:00	20.2	18.66	18.24	1.54	1.96	0.78
	21:00	17.0	15.57	15.51	1.43	1.49	0.96
23.8	7:00	16.1	14.96	14.73	1.14	1.37	0.84
	14:00	22.8	21.00	20.58	1.80	2.22	0.81
	21:00	18.9	17.49	17.24	1.41	1.66	0.85
24.8	7:00	18.3	17.16	16.75	1.14	1.55	0.74
	14:00	29.6	27.94	26.72	1.66	2.88	0.58
	21:00	23.3	21.75	21.26	1.55	2.04	0.76
25.8	7:00	22.5	21.20	20.59	1.30	1.91	0.68
	14:00	24.8	23.01	22.39	1.79	2.41	0.74
	21:00	21.6	20.37	19.71	1.23	1.89	0.65
26.8	7:00	18.4	17.09	16.84	1.31	1.56	0.84
	14:00	28.0	25.79	25.28	2.21	2.72	0.81
	21:00	23.2	21.50	21.17	1.70	2.03	0.84
27.8	7:00	20.2	2.89	18.49	17.31	1.71	10.11
	14:00	32.6	30.46	29.43	2.14	3.17	0.67
	21:00	25.9	23.94	23.63	1.96	2.27	0.86
28.8	7:00	24.2	23.35	22.15	0.85	2.05	0.41
	14:00	34.0	31.76	30.70	2.24	3.30	0.68
	21:00	27.4	25.97	25.00	1.43	2.40	0.60
29.8	7:00	22.7	20.96	20.78	1.74	1.92	0.90
	14:00	34.9	31.96	31.51	2.94	3.39	0.87
	21:00	27.0	24.93	24.63	2.07	2.37	0.87
30.8	7:00	23.6	22.11	21.60	1.49	2.00	0.75
	14:00	35.8	32.98	32.32	2.82	3.48	0.81
	21:00	28.7	26.85	26.18	1.85	2.52	0.73
31.8	7:00	26.3	24.60	24.07	1.70	2.23	0.76
	14:00	35.8	33.21	32.32	2.59	3.48	0.74
	21:00	27.7	25.64	25.27	2.06	2.43	0.85

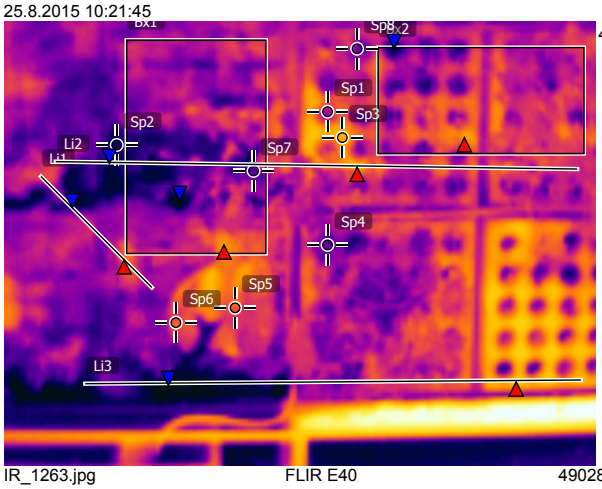
Тев – Спољашња температура ваздуха
Тез – Спољашња температура фасадног зида
Тиз – Унутрашња температура фасадног зида

FLIR

Measurements		°C
Bx1	Max	27,2
	Min	9,4
	Average	16,5
Bx2	Max	28,4
	Min	10,8
	Average	18,9
Sp1		16,2
Sp2		11,7
Sp3		30,1
Sp4		15,0
Sp5		21,6
Sp6		23,1
Sp7		14,6
Sp8		14,7
Li1	Max	22,0
	Min	11,8
	Average	17,5
Li2	Max	30,2
	Min	10,4
	Average	17,7
Li3	Max	32,3
	Min	8,7
	Average	17,9

Parameters	
Emissivity	0.66
Refl. temp.	42 °C

25.8.2015 10:21:45



IR_1263.jpg FLIR E40 49028804

25.8.2015 10:21:45

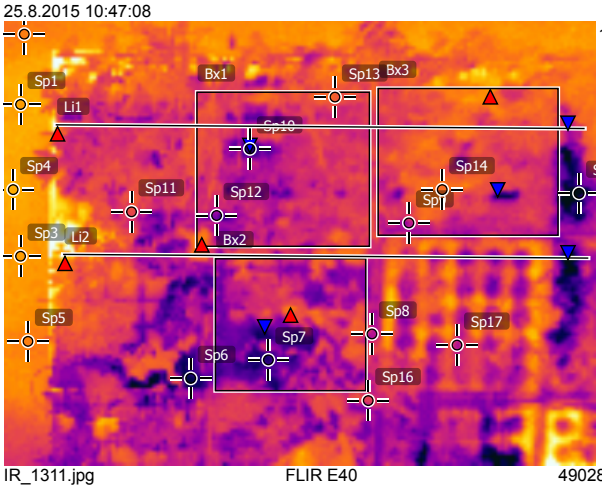


DC_1264.jpg

Measurements		°C
Bx1	Max	13,7
	Min	7,3
	Average	11,4
Bx2	Max	13,7
	Min	7,3
	Average	10,4
Bx3	Max	14,4
	Min	7,0
	Average	12,1
Sp1		14,3
Sp2		13,6
Sp3		14,6
Sp4		14,6
Sp5		13,7
Sp6		7,3
Sp7		7,8
Sp8		10,6
Sp9		10,8
Sp10		7,9
Sp11		12,4
Sp12		9,7
Sp13		12,8
Sp14		13,2
Sp15		6,8
Sp16		12,0
Sp17		10,3
Li1	Max	13,6
	Min	9,8
	Average	12,0
Li2	Max	17,0
	Min	6,1
	Average	11,5

Parameters	
Emissivity	0.66
Refl. temp.	42 °C

25.8.2015 10:47:08



IR_1311.jpg FLIR E40 49028804

25.8.2015 10:47:08

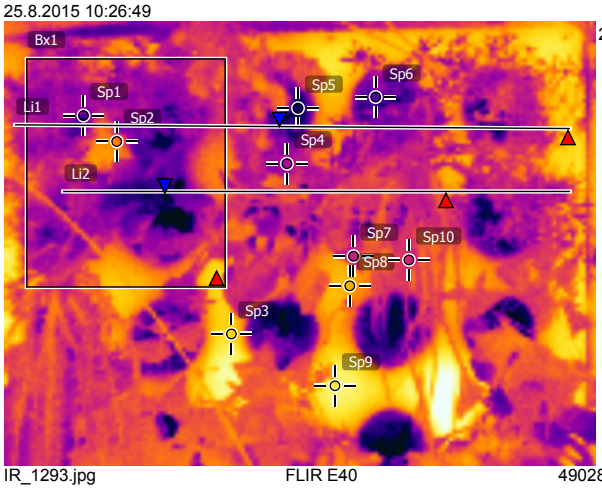


DC_1312.jpg

Measurements		°C
Bx1	Max	20,6
	Min	8,0
	Average	15,0
Sp1		12,3
Sp2		17,2
Sp3		20,2
Sp4		14,9
Sp5		11,3
Sp6		13,0
Sp7		15,3
Sp8		18,6
Sp9		22,3
Sp10		15,4
Li1	Max	19,8
	Min	9,7
	Average	15,0
Li2	Max	17,6
	Min	8,0
	Average	15,0

Parameters	
Emissivity	0.66
Refl. temp.	42 °C

25.8.2015 10:26:49



IR_1293.jpg FLIR E40 49028804

25.8.2015 10:26:49



DC_1294.jpg

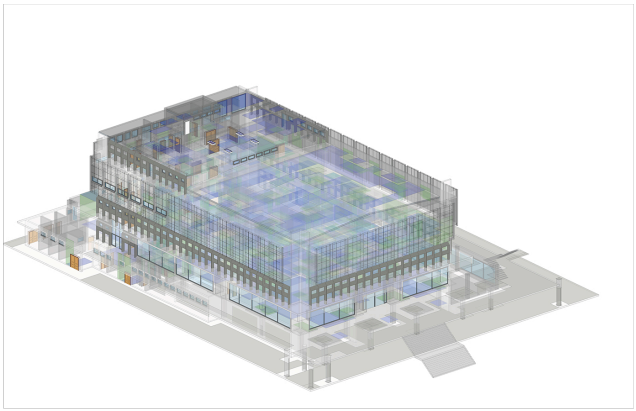
постојеће стање

Energy Analysis Report

AUTODESK.

Energy Analysis
RK Beograd
stage 1
Analyzed at 7/23/2016 8:54:52 AM

Energy Analysis Result



Building Performance Factors

Location:	44.7509765625,20.4491138458252
Weather Station:	171981
Outdoor Temperature:	Max: 35°C/Min: -15°C
Floor Area:	3,845 m²
Exterior Wall Area:	2,075 m²
Average Lighting Power:	15.07 W / m²
People:	325 people
Exterior Window Ratio:	0.21
Electrical Cost:	$0.09 / kWh
Fuel Cost:	$0.78 / Therm

Energy Use Intensity

Electricity EUI:	166 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	661 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,260 MJ / sm / yr

Life Cycle Energy Use/Cost

Life Cycle Electricity Use:	13,901,016 kWh
Life Cycle Fuel Use:	55,271,432 MJ
Life Cycle Energy Cost:	$779,002
*30-year life and 6.1% discount rate for costs	

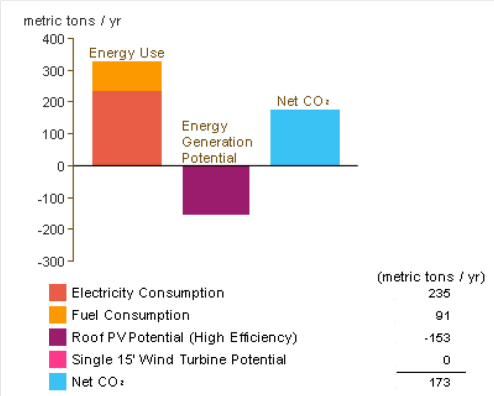
Renewable Energy Potential

Roof Mounted PV System (Low efficiency):	99,577 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	199,154 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	298,731 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	670 kWh / yr
*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems	

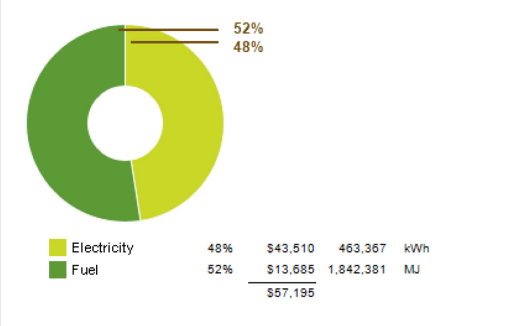
1

постојеће стање

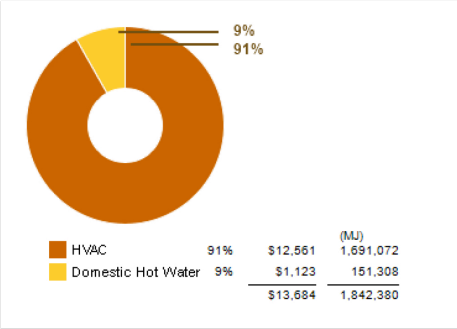
Annual Carbon Emissions



Annual Energy Use/Cost

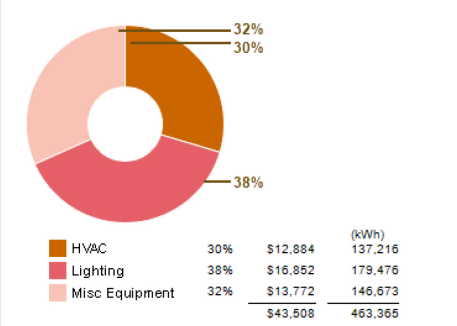


Energy Use: Fuel

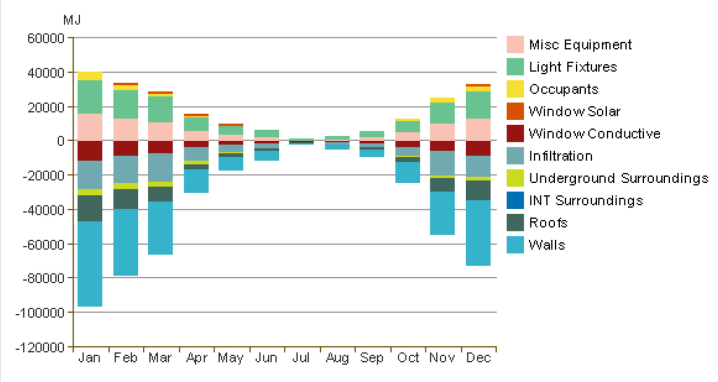


Energy Use: Electricity

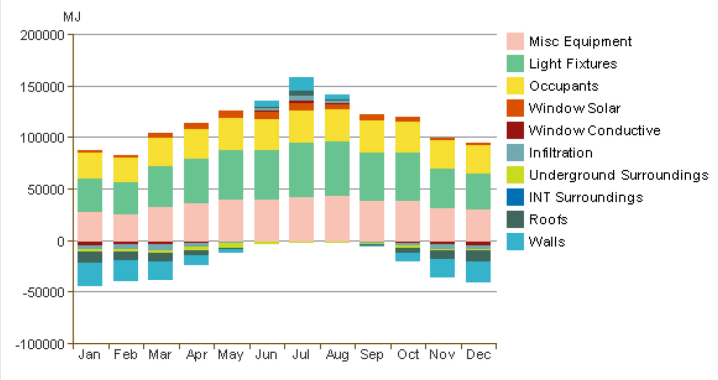
постојеће стање



Monthly Heating Load

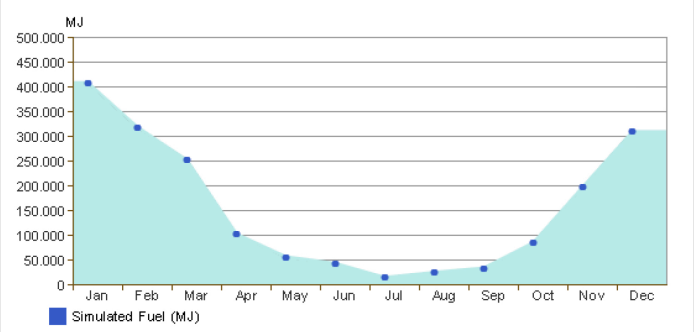


Monthly Cooling Load

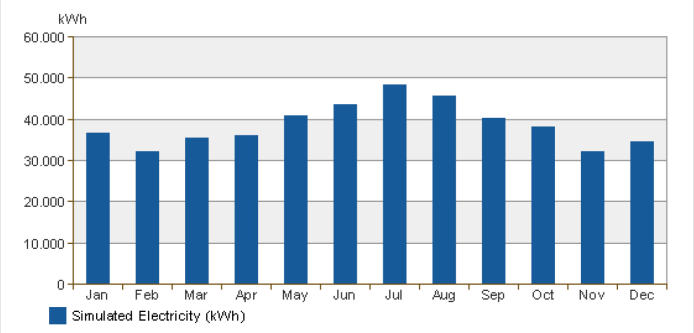


Monthly Fuel Consumption

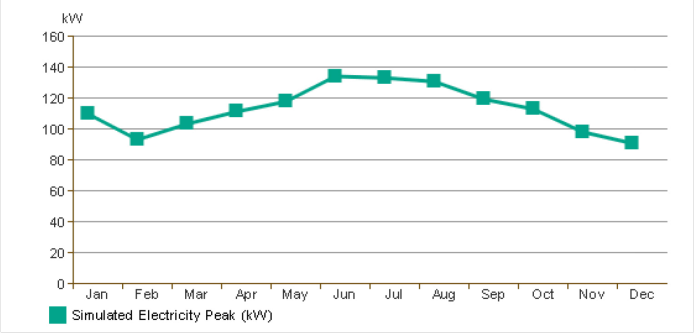
постојеће стање



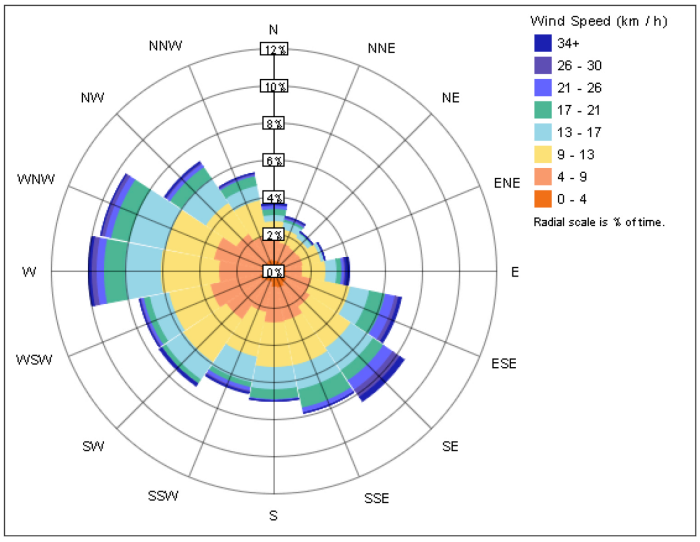
Monthly Electricity Consumption



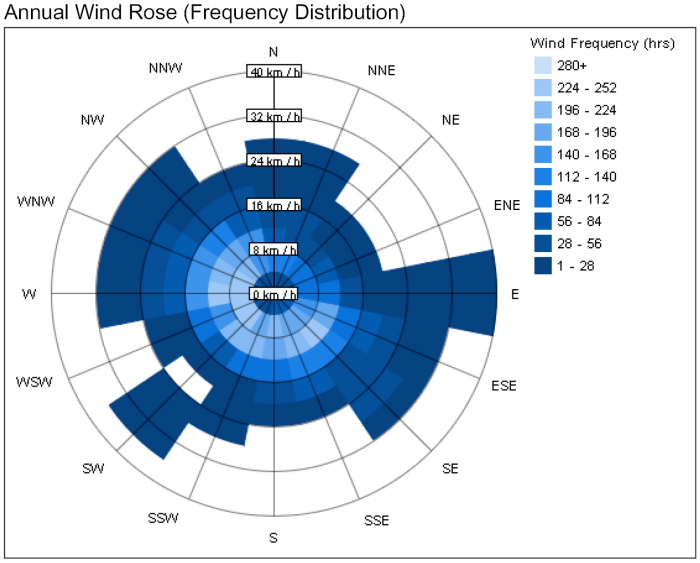
Monthly Peak Demand



Annual Wind Rose (Speed Distribution)

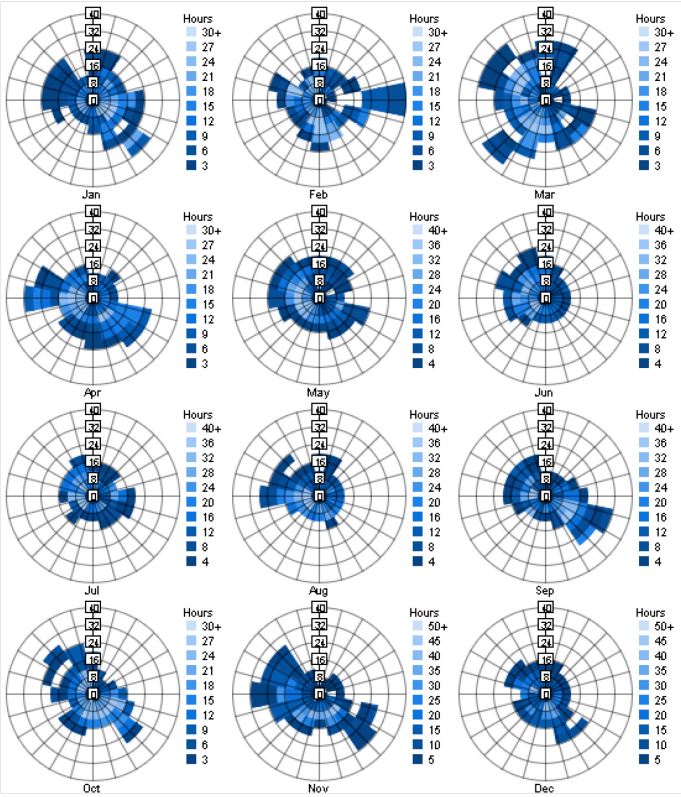


Annual Wind Rose (Frequency Distribution)

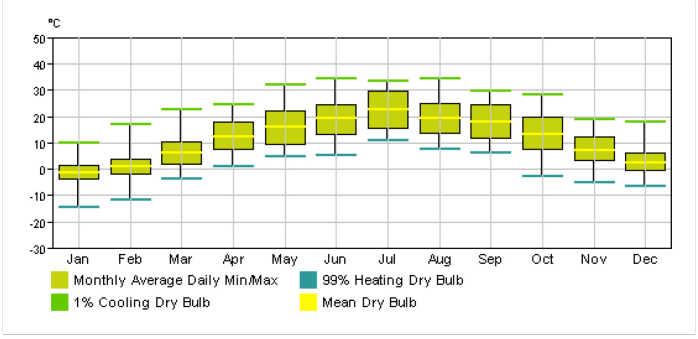


Monthly Wind Roses

постојеће стање

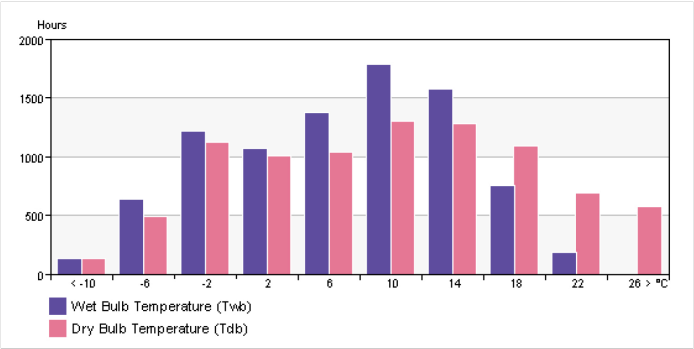


Monthly Design Data

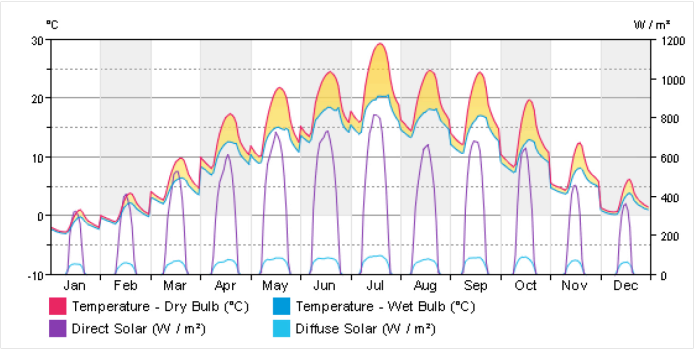


Annual Temperature Bins

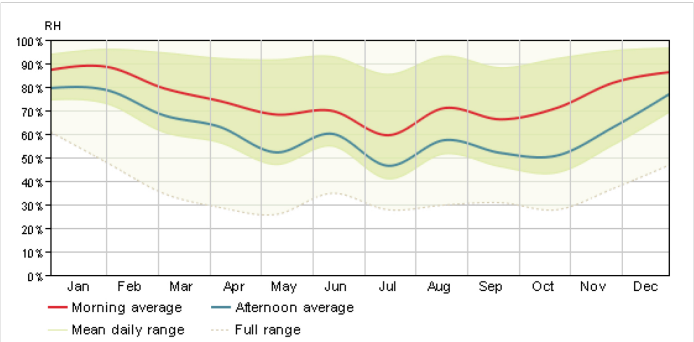
постојеће стање



Diurnal Weather Averages



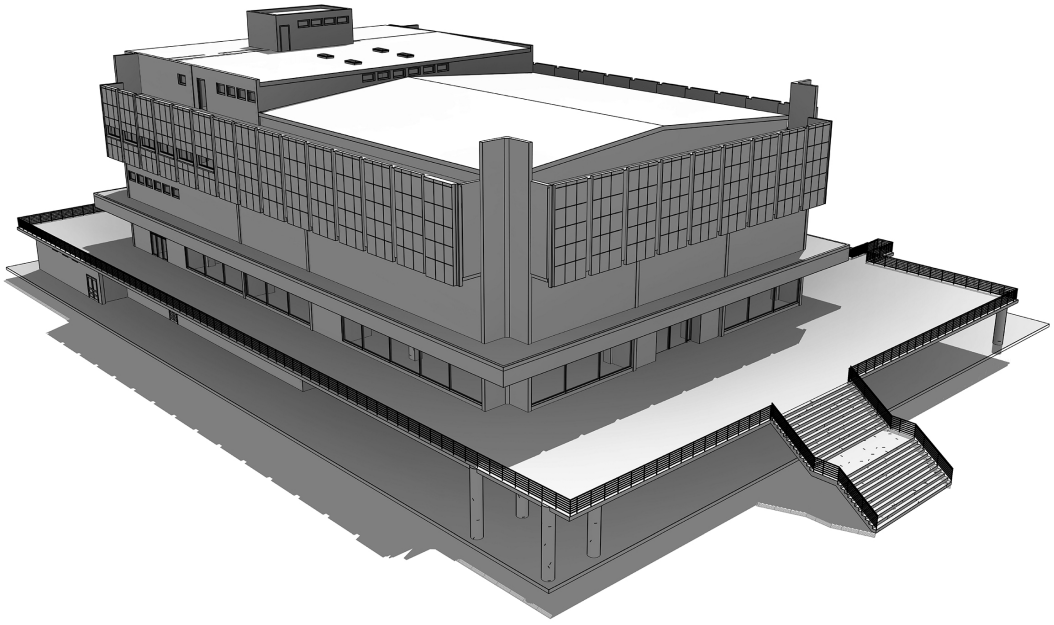
Humidity

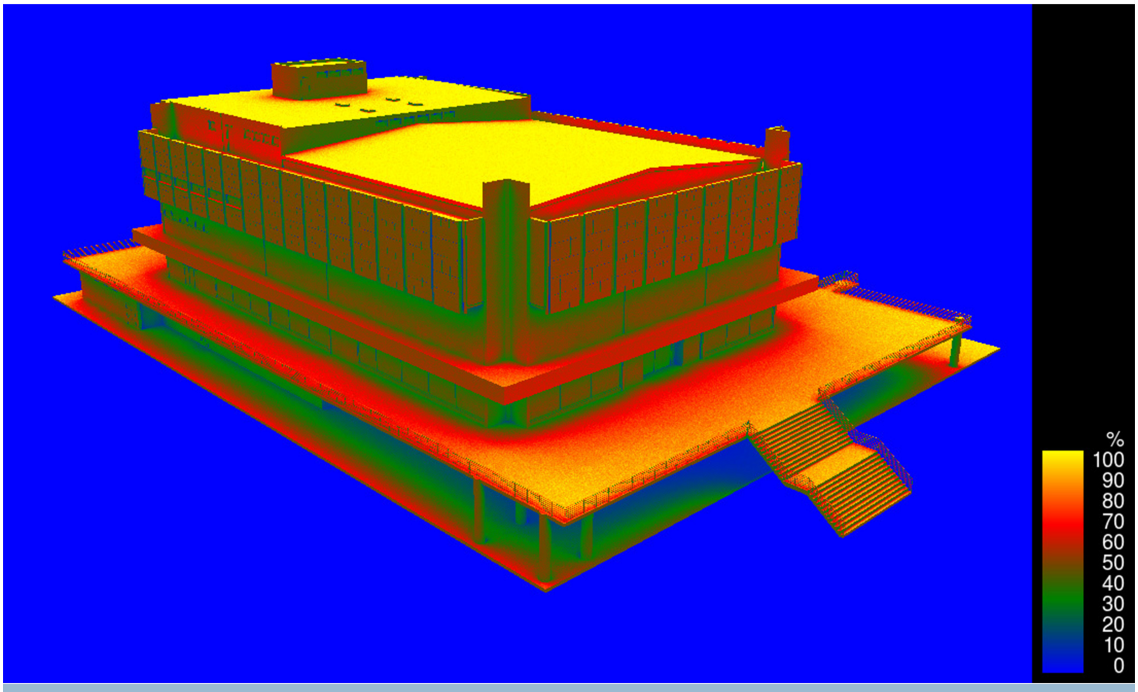


© Copyright 2015 Autodesk, Inc. All rights reserved. Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others.

Energy Analysis Data

постојеће стање



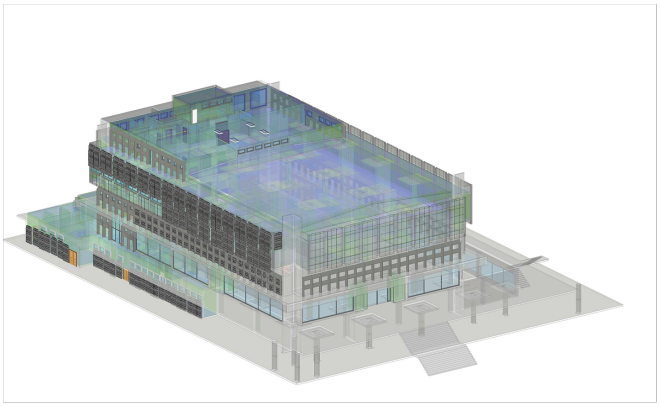


унапређено стање

AUTODESK.

Energy Analysis
RK Beograd
stage 2
Analyzed at 7/23/2016 7:09:11 AM

Energy Analysis Result



Building Performance Factors

Location:	44.7509765625,20.4491138458252
Weather Station:	171981
Outdoor Temperature:	Max: 35°C/Min: -15°C
Floor Area:	3,845 m²
Exterior Wall Area:	1,809 m²
Average Lighting Power:	15.07 W / m²
People:	325 people
Exterior Window Ratio:	0.19
Electrical Cost:	$0.09 / kWh
Fuel Cost:	$0.78 / Therm

Energy Use Intensity

Electricity EUI:	160 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	611 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,188 MJ / sm / yr

Life Cycle Energy Use/Cost

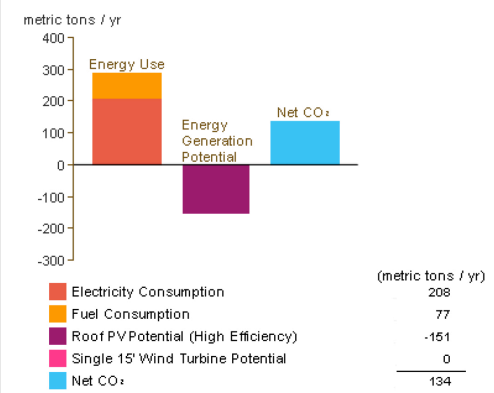
Life Cycle Electricity Use:	12,287,550 kWh
Life Cycle Fuel Use:	46,856,882 MJ
Life Cycle Energy Cost:	$681,843
*30-year life and 6.1% discount rate for costs	

Renewable Energy Potential

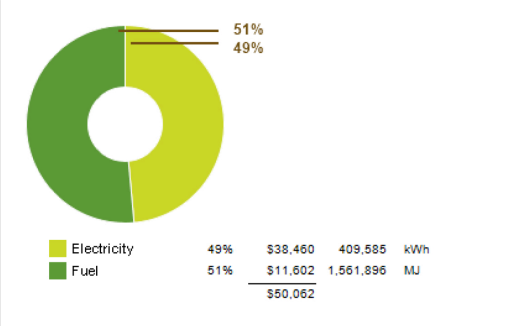
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	100,640 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	201,281 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	301,921 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	670 kWh / yr
*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems	

унапређено стање

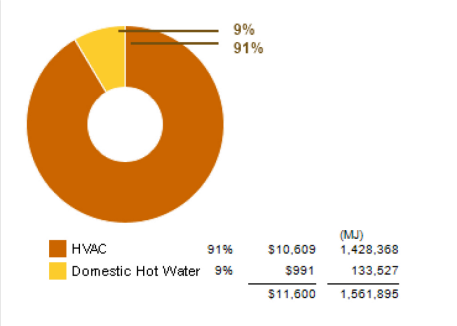
Annual Carbon Emissions



Annual Energy Use/Cost

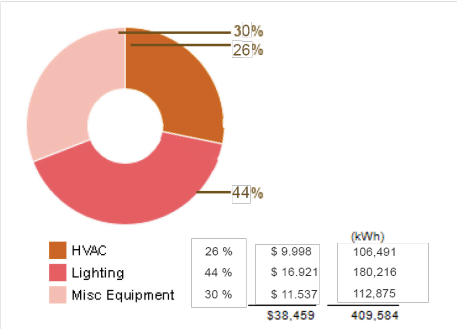


Energy Use: Fuel

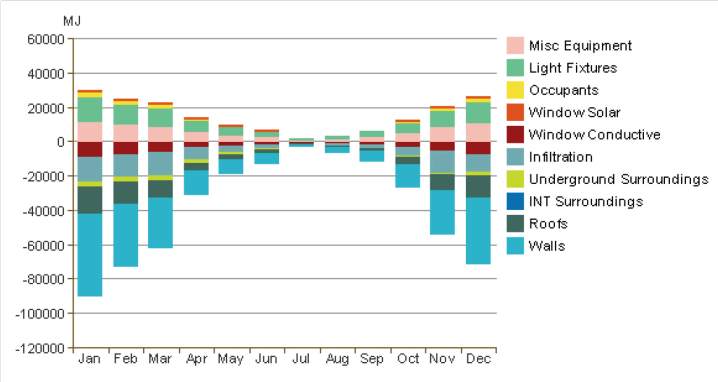


Energy Use: Electricity

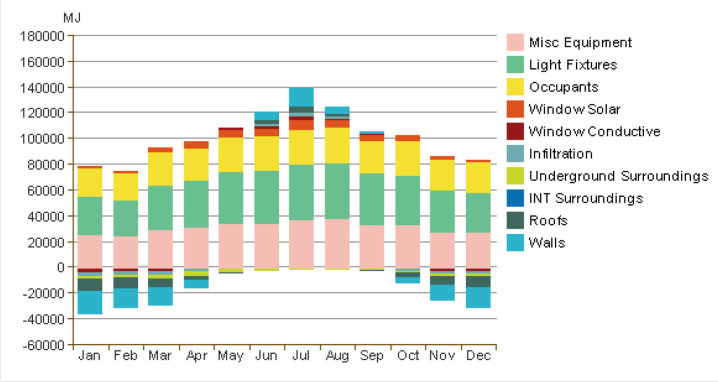
унапређено стање



Monthly Heating Load

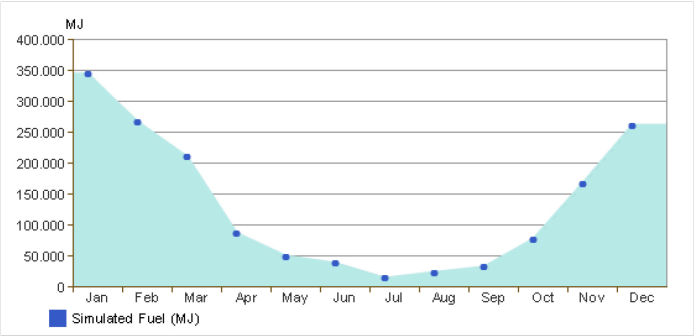


Monthly Cooling Load

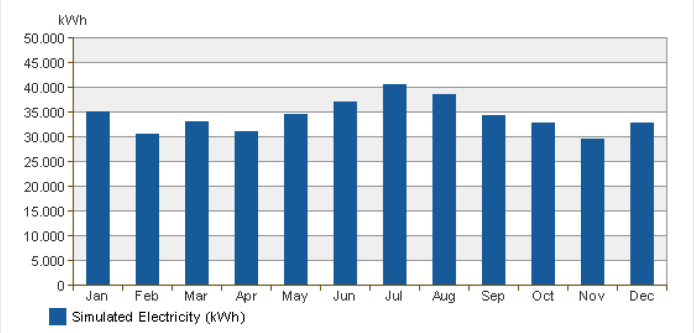


Monthly Fuel Consumption

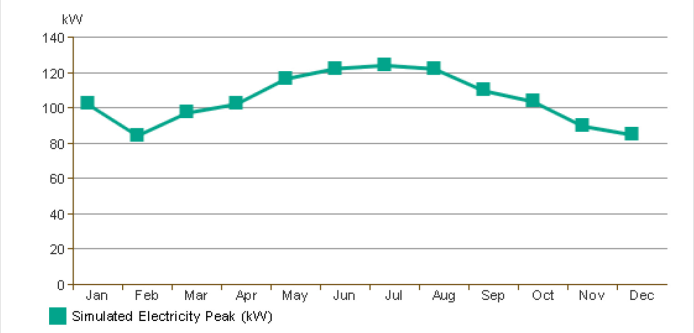
унапређено стање



Monthly Electricity Consumption

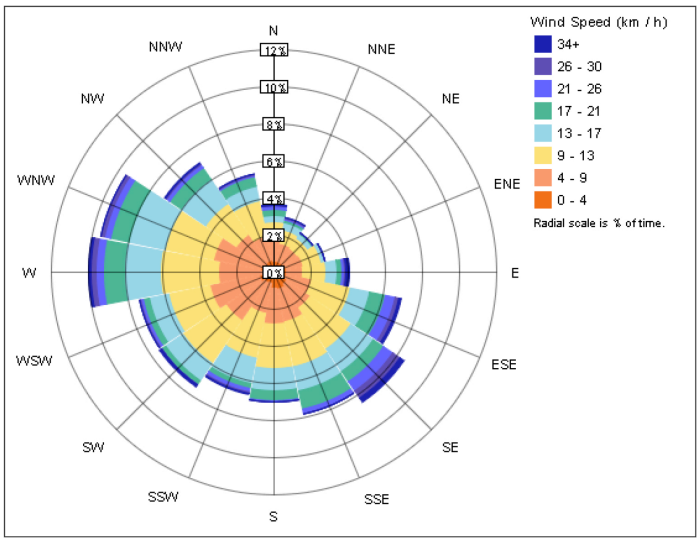


Monthly Peak Demand

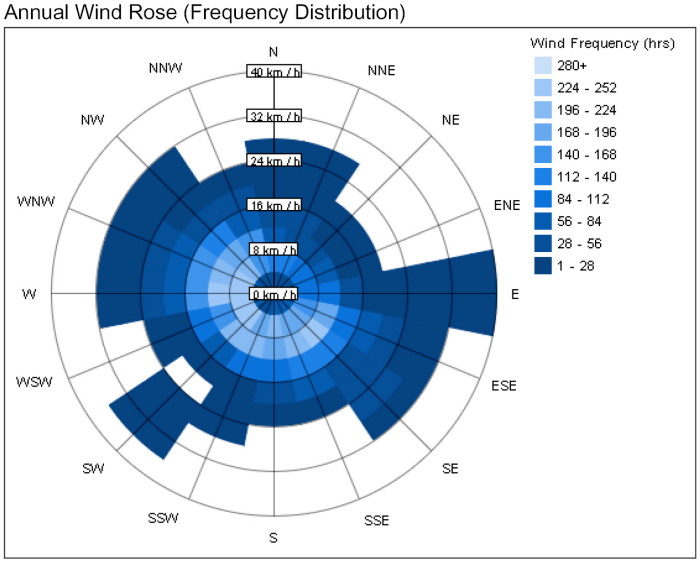


Annual Wind Rose (Speed Distribution)

унапређено стање

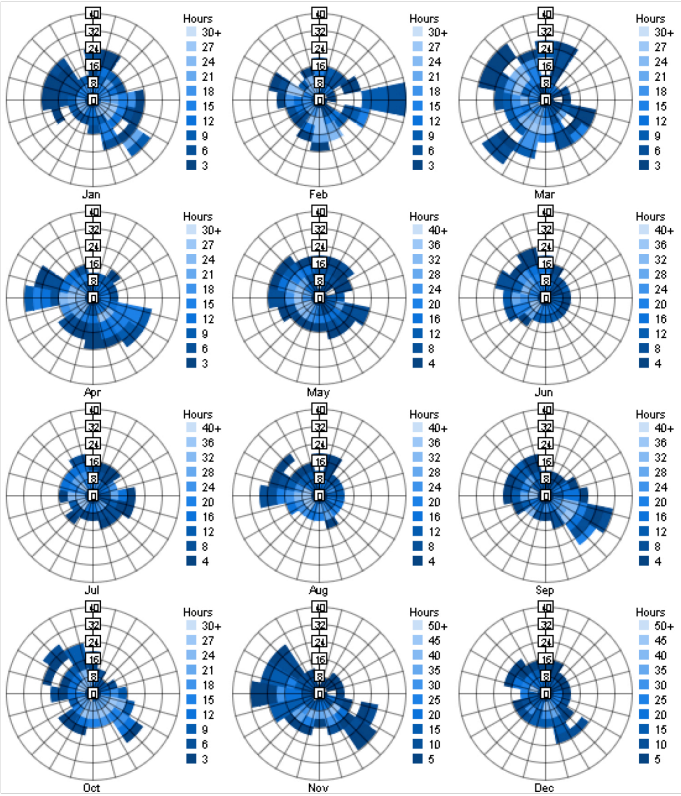


Annual Wind Rose (Frequency Distribution)

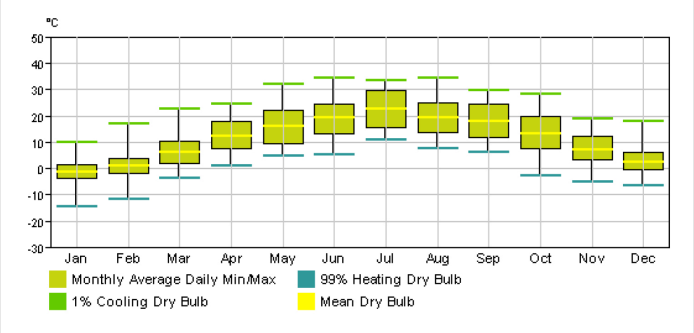


Monthly Wind Roses

унапређено стање

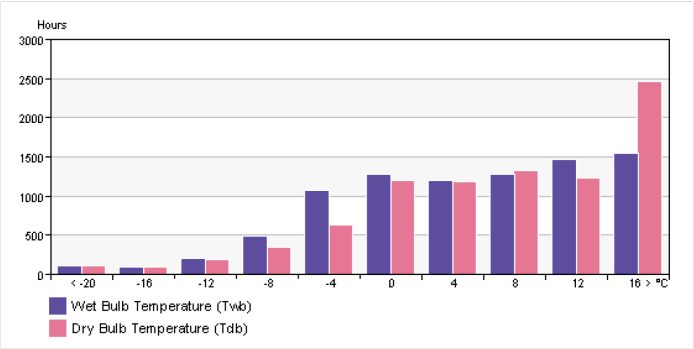


Monthly Design Data

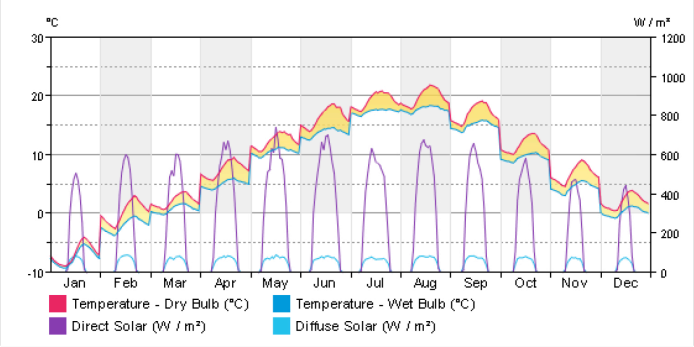


Annual Temperature Bins

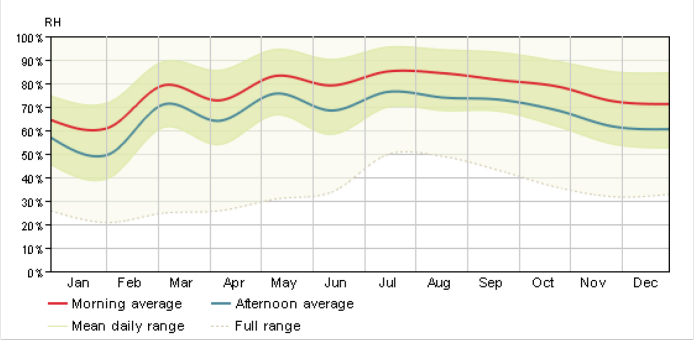
унапређено стање



Diurnal Weather Averages



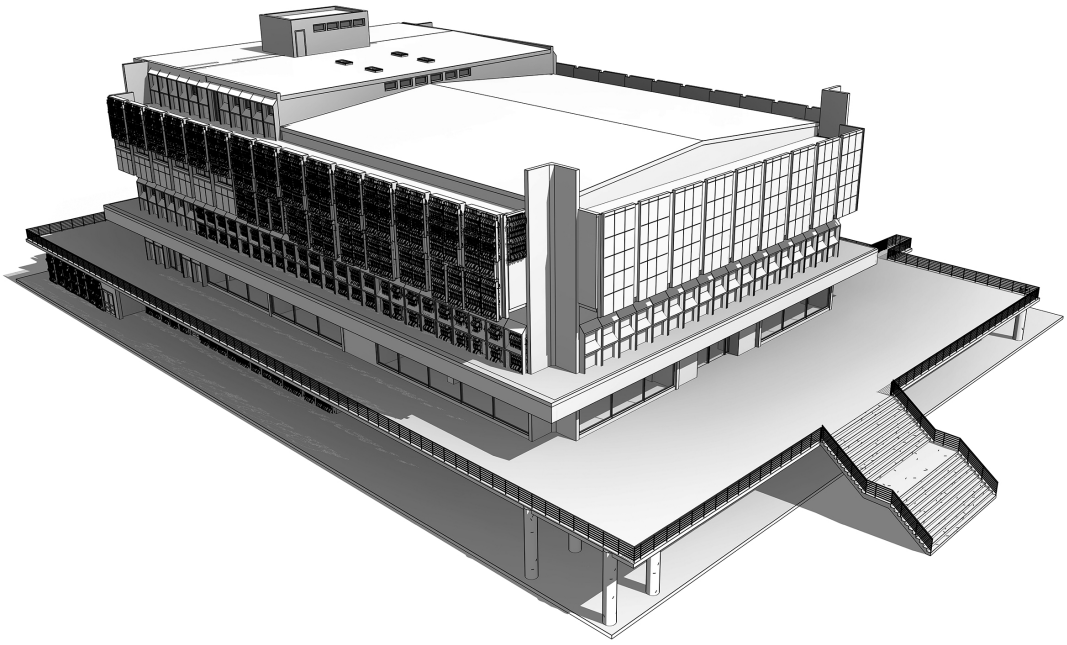
Humidity

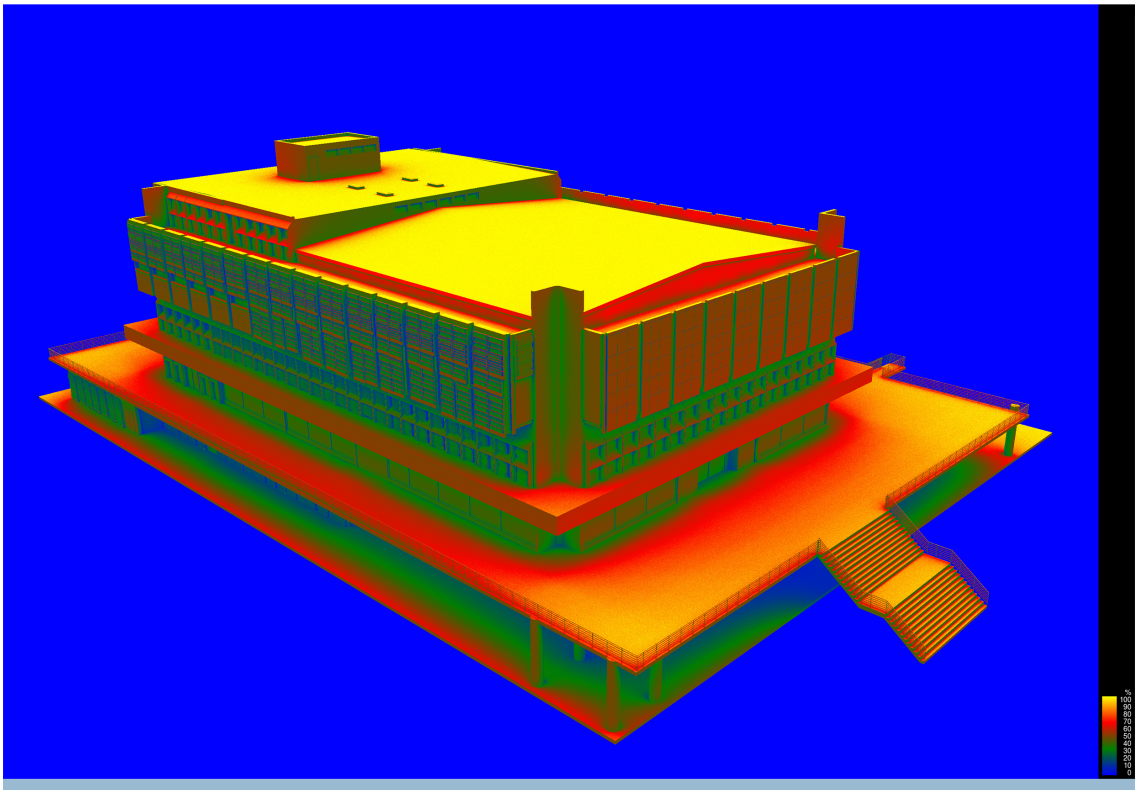


© Copyright 2015 Autodesk, Inc. All rights reserved. Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others.

Energy Analysis Data

унапређено стање





БИОГРАФИЈА АУТОРА

Мр Будимир Судимац, дипл. инж. арх, рођена је у Бечеју 06.03.1969. године; живи и ради у Београду. Архитектонски факултет Универзитета у Београду уписао 1990. године. Дипломирао је на Архитектонском факултету у Београду са оценом 10 (десет) и стекао звање дипломирани инжењер архитектуре 1997. год.

Последипломске магистарске студије на Архитектонском факултету Универзитета у Београду из области Архитектонско урбанистистичко пројектовање уписао је 2001. Одбранио је магистарски рад на Архитектонском факултету Универзитета у Београду 2010. године.

Кандидат је од 02. децембра 2002. године запослен на Универзитету у Београду - Архитектонски факултет у следећимм звањима: 2002.-2010. Асистент-приправник на Департману за Архитектонске технологије за ужу научну, односно уметничку област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда, (до септембра 2006. Катедра за архитектонсе конструкције, технологију грађења и еколошки инжењеринг.) 2010. Асистент на Департману за Архитектонске технологије за ужу научну, односно уметничку област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда, од 2011. Год. Доцент на Департману за Архитектонске технологије за ужу научну, односно уметничку област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда.

Током свог стручног и уметничког усавршавања остварио је 2007. године студијски боравак на Universität Stuttgart, Fakultät 1 Architektür und Stadtplanüng, Institut für Baukonstruktion, у студију prof. Stefan Behling; У оквиру међународне размене студената 1996. Боравио је на Architecture Faculty-UFRGS (Federal University of Rio Grande do Sul – Brazil) at PROPAR (Architectural Research Post-Graduation Program), у групи студената код prof. dr Lucia Mascaro; 1992. Године учествује у размени студената у оквиру сарадње Архитектонског факултета у Београду са Архитектонским факултетом "La Défense" у Паризу.

Учествује у међународним научноистраживачким пројектима: "COST Action TU1403 - Adaptive Facades Network, 2014.-2018. и "COST Action TU0701 -

Improving the Quality of Suburban Bulding Stocks", 2008. – 2012., у оквиру European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research, финансиран од стране Европске комисије (Europian Science Foundation). Такође учествује у међународном пројекту OIKONET: A Global Multidisciplinary Network for Housing Research and Learning, 2013.-2016., – пројекат из програма Erasmus Lifelong Learning, који финансира Европска комисија. Као члан научно истраживачког тима учествује у националним научноистраживачким пројектима: - РАЗВОЈ И ДЕМОНСТРАЦИЈА ХИБРИДНОГ ПАСИВНОГ И АКТИВНОГ СИСТЕМА КОРИШЋЕЊА СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗА ГРЕЈАЊЕ, ПРИРОДНУ ВЕНТИЛАЦИЈУ, ХЛАЂЕЊЕ, ВЕШТАЧКО ОСВЕТЉЕЊЕ И ДРУГЕ ПОТРЕБЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ, под руководством проф. др Александре Крстић-Фурунџић, у оквиру националног програма енергетске ефикасности, 2006.-2009., и - ПРОСТОРНИ, ЕКОЛОШКИ, ЕНЕРГЕТСКИ И ДРУШТВЕНИ АСПЕКТИ РАЗВОЈА НАСЕЉА И КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ – МЕЂУСОБНИ УТИЦАЈИ, под руководством др Миле Пуцар, научног саветника у ИАУС-у, у оквиру националног научног пројекта из програма истраживања у области технолошког развоја, 2011.-2014.

Кроз истраживања реализована на научноистраживачким пројектима мр Будимир Судимац третира проблематику енергетске ефикасности архитектонских објеката, што је и тема докторске дисертације. У области пројектантске праксе освајао награде на 14 архитектонско урбанистичких конкурса. Од тог броја реализовано је 10 пројеката. Излагао је на једној међународној и на 12 домаћих изложби. Добитник је награде на Салону архитектуре у Београду за најбољи пројекат у 1997.години, Пословни центар Екватор у Бања Луци - идејни пројекат.

Резултат истрживачког рада и стручно уметничких остварења кандидата је и поглавље у међународној монографији CONTEMPORARY GREEN ARCHITECTURE IN CHINA AND SERBIA, Design media publishing limited - 20/f Manulife Tower 169 Electric Rd, North Point Hong Kong., 2015., pp. 188-193 (ISBN 978-988-14123-4-8).

Кандидат је добитник награде Привредне коморе града Београда за најбоље проналаске, дизајнерска решења и техничка унапређења – Моја прва башта –

едукативно дидактички комплет остварен у 2013.-2014. год. „МОЈА ПРВА БАШТА – едукативно дидактички комплет“ представља скуп склопивих елемената за састављање мобилне баште по принципу „уради сам“. Развијен је као резултат истраживања у оквиру два студијска предмета Архитектонског факултета у Београду: Ликовне форме и Урбана оаза који пружају могућност садејства уметничких и научних дисциплина. Резултат истраживања је реализовани прототип који користи познате, поједностављене технологије за израду вертикалних башти, а иновативност се огледа у њиховој комбинацији са ликовним уметностима и њиховој примени.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора БУДИМИР СУДИМАЦ

Број индекса _____

Изјављујем

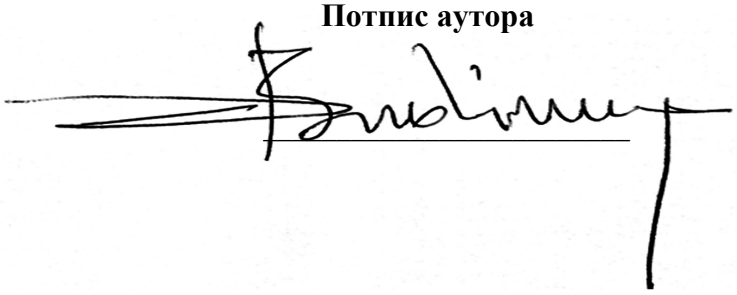
да је докторска дисертација под насловом

ТЕРМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ОБЛИКОВНИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА У БЕОГРАДСКИМ КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____



Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Будимир Судимац

Број индекса _____

Студијски програм _____

Наслов рада **ТЕРМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ОБЛИКОВНИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА У БЕОГРАДСКИМ КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА**

Ментор проф.др Александра Крстић - Фурунџић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

_____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ТЕРМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ОБЛИКОВНИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА У БЕОГРАДСКИМ КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____ _____

1. **Ауторство**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.