

# ЕНЕРГЕТСКО ЕФИКАСНИ ПРАКТИКИ КАКО РЕШЕНИЕ ЗА КЛИМАТСКИ ПРОМЕНИ



**Инвестиции во оптимална енергетска  
ефикасност на згради од аспект на  
нивната архитектура**

**автор: д-р Петар Николовски, инж. арх.**

[www.solar.org.mk](http://www.solar.org.mk)



**Издавач**

Македонска Соларна Асоцијација, Солар Македонија



ул. Вељко Влаховиќ бр 18,  
1000 Скопје, Р. Македонија  
[www.solar.org.mk](http://www.solar.org.mk)



**Автор**

д-р Петар Николовски, инж. арх.

**Извор на слика на насловна страница:**

Schöck solutions for precast buildings  
London's Riverwalk incorporates Passivhaus standard  
Schöck Isokorb

Издавањето на овој прирачник е финансирано преку проектот „ГОи во акција за климатските промени, спроведуван од Еко-свест во партнерство со Македонското здружение на млади правници-МЗМП и Организацијата за промовирање на природните вредности и луѓе-CVNP. Изразените ставови и мислења се на авторот/авторите и издавачот и нужно не ги одразуваат позициите и ставовите на Еко-свест и на донаторот - Владата на Шведска.

## Апстракт

Растежот на потрошувачката на енергија на светско ниво, од една страна, и дефицитот на енергетски ресурси, од друга страна, истовремено со загажувачките климатски промени, налагаат неминовна рестрикција на потрошувачката на енергија.

Учество на потрошувачка на енергија во зградите во Р.С. Македонија се движи околу 40% од вкупниот годишен енергетски биланс. Преку строгите критериуми, најновата македонска регулатива за енергетска ефикасност на зградите во голема мера ќе придонесе за намалување на овој процент, покрај другото и со задолжителна употреба на 20% енергија од обновливи извори.

Новите згради и постоечките кои што се предмет на енергетска рехабилитација, се таргет и појдовна основа за креирање на оптимални градежно-физички и други решенија од кои ќе зависат крајните ефекти во намалувањето на енергетските потреби а со тоа и намалување на емисија на CO<sub>2</sub>.

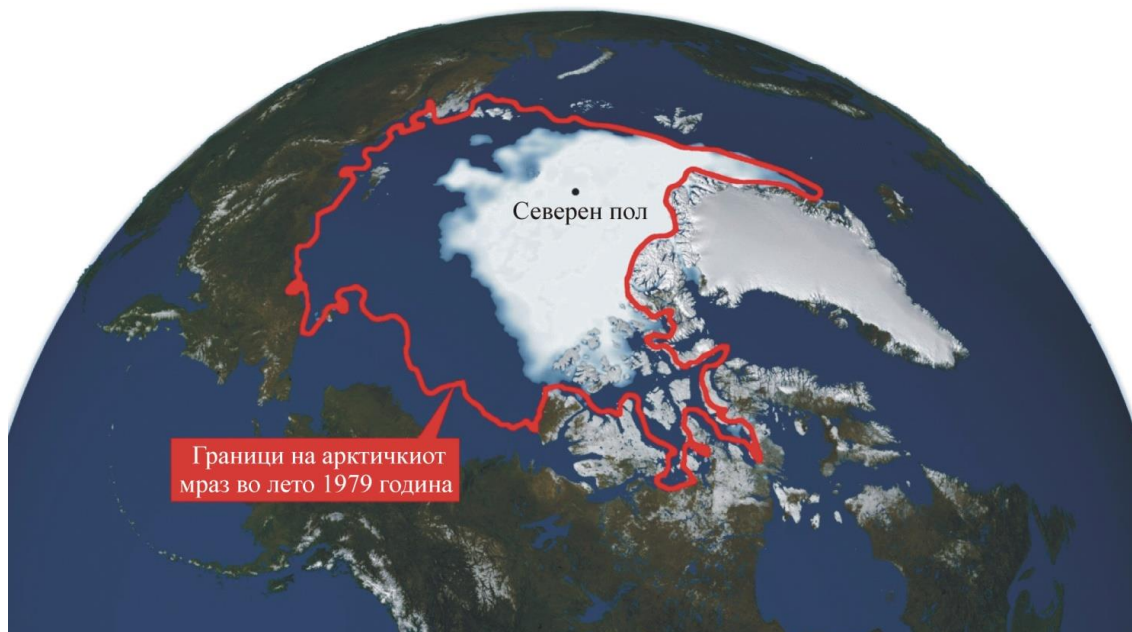
Ориентација на зградите и паметно користење на сончевата енергија, која во Р.С.М. е лидер во фамилијата обновливи извори на енергија, овозможува активно и пасивно користење на „подарената“ енергија од Сонцето.

Употреба на изолациските материјали и системи во поглед на нивниот избор, местоположбата во конструкциите, правилна изведба и почитување на барањата од европските директиви за „оптимална цена на чинење“, води кон максимални позитивни резултати.

**Клучни зборови:** законска и подзаконска регулатива, климатски промени, ориентација, фактор на форма, изолациски материјали, компактни системи за надворешна топлинска изолација, прозорци, застаклување, грешки при изведба, сонце, обновливи извори на енергија, економски аспекти.

### 1.1.1 Климатски промени

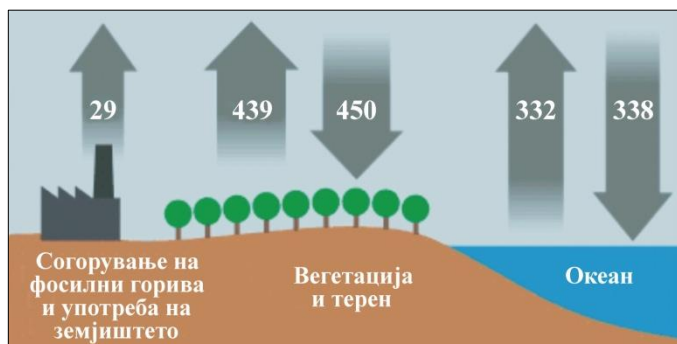
Борбата со климатските промени, како глобален светски тренд, од ден на ден станува сè поинтензивна бидејќи часовникот предупредува дека многу бргу се приближуваме кон границата по која не ќе е можно да се стори нешто за спас на планетата Земја [1] (Слика 1.1.1).



Слика 1.1.1: Топење на мразот на Арктик (Извор: Susan Roaf)

Илјадници години пред индустриската револуција во минатиот век, содржината на јаглерод диоксид ( $\text{CO}_2$ ) во воздухот беше релативно стабилна. Но, количеството на природниот  $\text{CO}_2$  не е статично. Одредени природни процеси го создаваат, другите го апсорбираат. На Слика 1.1.2 е видливо како природниот јаглерод од копното и океаните во процесот на создавање и апсорбирање останува приближно во рамнотежа. Овој баланс се случувал долго време. Бројките на сликата ги претставуваат количините на флуксот на јаглерод диоксид, изразен во гигатони, Gt [2].

При согорување на фосилни горива, надвор од природниот циклус се емитура релативно мало количество  $\text{CO}_2$  (29 Gt) во споредба со околу 750 Gt кои се движат низ циклусот на јаглерод секоја година. Но, од ова дополнително количество  $\text{CO}_2$  земјата и океаните можат да апсорбираат само околу 60%. Остатокот останува да се акумулира во атмосферата, а како последица на тоа, атмосферскиот  $\text{CO}_2$  е на највисоко ниво кое до сега не се случило во последните 15 до 20 милиони години.

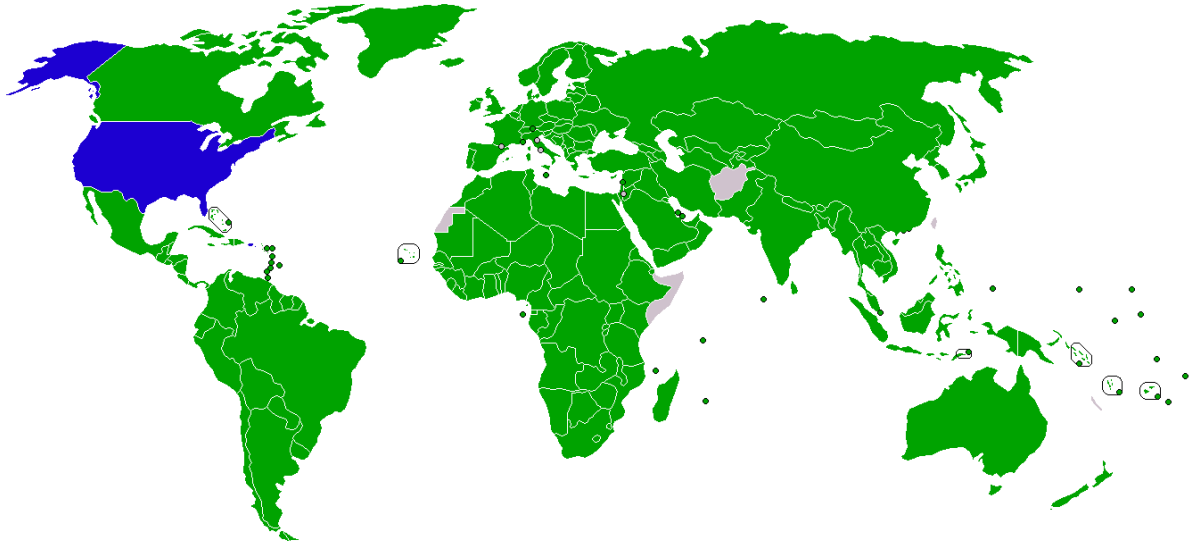


Слика 1.1.2: Глобален карбон циклус (Извор: IPCC AR4)

Човечките емисии на  $\text{CO}_2$  ја нарушуваат природната рамнотежа на циклусот на јаглерод. Актуелно, овој неприроден  $\text{CO}_2$  во атмосферата е зголемен за една третина во споредба со прединдустриската ера. Со ова се создава вештачко зголемување на глобалните температури што ја загреваат планетата Земја. Додека  $\text{CO}_2$  добиен од фосилни горива е многу мала компонента во однос на глобалниот јаглероден циклус, дополнителниот  $\text{CO}_2$  е кумулативен бидејќи природниот процес не може целосно да го апсорбира.

### 1.1.2 Краток преглед на Протокол од Кјото, Париски договор и Пакт за климата од Глазгов

Во рамките на конвенцијата на Обединетите нации за климатски промени (*The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*), Протоколот од Кјото е додаток, потпишан со цел да се намали емисија на јаглерод диоксид и други гасови кои што се одговорни за ефектот „стаклена градина“. Протоколот стапи на сила на 16 февруари 2005 година, а беше отворен за потпишување на 11 декември 1997 година. (Слика 1.1.3)



Слика 1.1.3: Држави кои го ратификувале Протоколот од Кјото (во зелено) и оние кои планираат да го ратификуваат (во сино) (Извор: Интернет)

Според Протоколот, треба да се намали емисија на седум гасови кои се виновни за ефектот „стаклена градина“: јаглерод диоксид, метан, азотен оксид, флуоројаглеводороди, перфлуоројаглеводороди, сулфур хексафлуорид и азот трифлуорид. Во последните неколку децении се зголемија концентрации на овие гасови во атмосферата како последица од користење на фосилни горива во индустрија, сообраќај итн. што придонесе за глобално загревање и климатски промени. Од една страна, САД и некои помали држави одбиа да го ратификуваат Протоколот од Кјото, додека, од друга страна, „Гринпис“ (*Greenpeace*) смета дека Протоколот постави премногу скромни цели со кои не може да се постигнат поголеми позитивни ефекти [3].

Во 2016 година 195 земји го потпишаа Парискиот договор кој постави глобална рамка за избегнување на опасните климатски промени со ограничување на глобалното затоплување под 2°C и продолжување на напорите за негово ограничување на 1,5°C. Исто така, има за цел да ја зајакне способноста на земјите да се справат со влијанијата на климатските промени и да ги поддржат во нивните напори [4].

Во 2021 година во Глазгов беше договорен Пакт за климата кој се однесува на сите земји потписнички на Парискиот договор. Речиси 200 земји се здружија во Обединетото Кралство за да се обврзат да преземат акција за климатските промени и тоа да го потврдат со Пактот за климата. Овој исход значеше дека е задржана целта, глобалната температура да не се зголеми за повеќе од 1,5 степени.

### 1.1.3 Хронологија

Европскиот парламент и Советот на Европската унија, како земји потписнички на Кјото Протоколот, ја донесоа Директивата 2002/91/ЕЦ „Енергетски перформанси на згради“ [5], (*Council Directive 2002/91/EC on the Energy Performance of Buildings - EPBD*). Основна цел на Директивата беше секоја земја помеѓу 2008 и 2012 година да ја намали емисијата на CO<sub>2</sub> за 8%, во однос на нивото на емисија од 1990 година. Значи, со ефектна интервенција во овој сегмент можеа да се постигнат значителни позитивни резултати во согласност со барањата од Директивата 2002.

Во 2010 година Директивата претрпе модификација и Советот на Европскиот парламент усвои нова преработена верзија (*DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the Energy performance of buildings - recast*) [6]. Земјите членки на Унијата имаат обврска за исполнување на извонредно строги критериуми кои се однесуваат при градба на нови згради но исто така и при енергетска реконструкција на постојниот фонд на згради. За исполнување на целта, дефинирана е т.н. Енергетска тријада (*Trias energetica*), со карактеристичен израз 20:20:20, кој го симболизира концептот за:

1. Заштеда на енергија.
2. Заштита на животна средина, и
3. Намалена зависност од необновливи извори на енергија.

Симболите 3 x 20 значат:

- 20% намалена потрошувачка на енергија
- 20% намалена емисија на CO<sub>2</sub>
- + 20% зголемена употреба на обновливи извори на енергија.

Меѓу другото, поранешниот термин „нула енергетски згради“ (*zero-energy buildings*) е модифициран во критериум „згради блиски до нула енергетски“ (*nearly zero-energy buildings*), којшто за земјите членки е задолжителен при градба на нови згради, почнувајќи од 31 декември 2020, а за енергетска санација на постоечките јавни згради, обврската ќе важи почнувајќи од 31 декември 2018.

Дека во рамките на регулативата на ЕУ заострување на критериумите за енергетски перформанси на зградите има динамична компонента, говори и фактот дека лидерите на ЕУ при крајот на 2014 година ја утврдија новата цел: до 2030 година да се намали потрошувачката на енергија за 27%, емисијата на стакленички гасови да биде најмалку 40% во споредба со онаа од 1990 година и учеството на обновливите извори на енергија во финалната потрошувачка да биде најмалку 27%. Ова значи дека тријадата 20:20:20 се модифицира во тријада 40:27:27 (Слика 1.1.4).

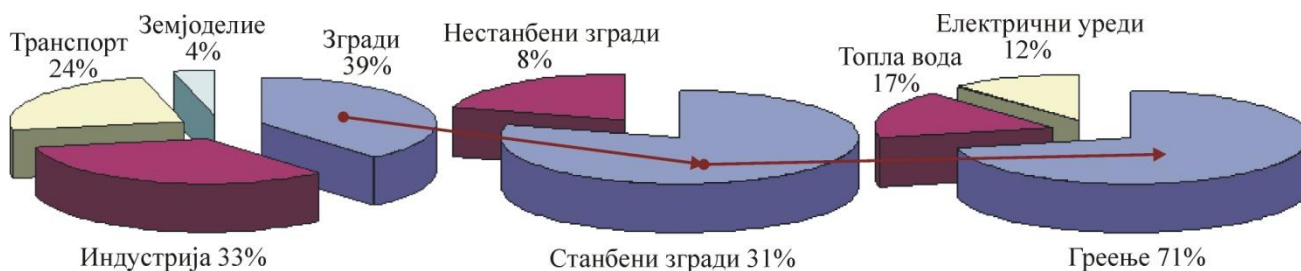


Слика 1.1.4: Енергетска тријада

### 1.1.4 Актуелна состојба во однос на енергетските потреби

Статистички податоци за годишни енергетски биланси во многу земји говорат дека доминантна потрошувачка на енергија се случува во секторот градежништво, околу 40%. Нашата земја не отстапува од оваа констатација. На **Слика 1.1.5** се прикажани глобални резултати од пописот во 2000 година, кои што приближно одговараат и на денешната актуелна состојба.

*Забелешка: Според резултатите од последниот попис во 2021 година, најголеми финални потрошувачи на енергија се: сообраќајот со 38.4 %, домаќинствата со 26.7 % и индустријата со 24.2 %, од расположливата финална потрошувачка.*



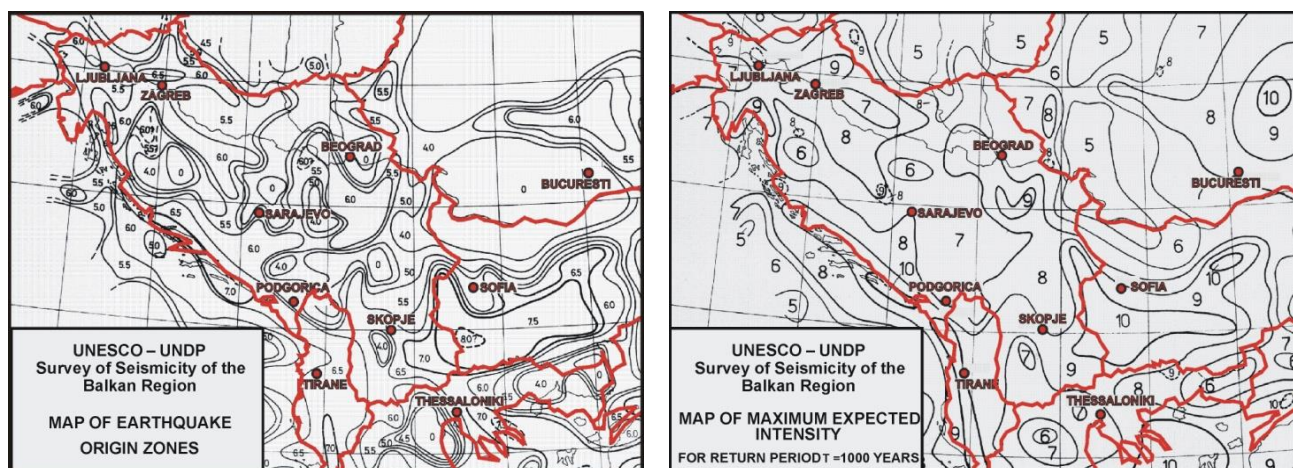
**Слика 1.1.5: Годишна потрошувачка на енергија во Р.С. Македонија**

Евидентно е дека, покрај помалите потрошувачи на енергија, од четирите главни потрошувачи (згради, индустрија, транспорт и земјоделие), доминантен е секторот згради со 39%, од кои најголем процент енергија отпаѓа на станбените згради. А, од сите енергетски потреби на една станбена зграда за греење, ладење, вентилација, електрика, топла вода, најголема енергија се троши за греење во грејната сезона. Ако веќе знаеме дека првообвинети за климатските промени се стакленичките гасови емитирани од фосилните горива, најчесто користени како енергенци за греење во зградите, во заклучок се наметнува прашањето, која е првата борбена линија за спуштање на рампата за намалување на атакот врз планетата Земја?

Кога зборуваме за енергетска ефикасност на згради, мерките за исполнување на барањата од регулативата, како примарен таргет, пред сè, ја имаат зградата со сите нејзини конструкции кои што се во состав на обвивката, задолжени за обезбедување на удобен и комфорен престој во сите периоди од годината. Во зависност од енергетските перформанси на зградата, поточно кажано од потребната енергија за обезбедување на таков комфор, во играта се вклучува и електро и машинска опрема за греење, ладење, вентилација, топла вода итн. Значи, енергетската ефикасност е мултидисциплинарна материја, во која бекграундот е зградата со своите градежни компоненти. Зграда проектирана со лоши градежни енергетски перформанси не може да ја спаси од лоша енергетска класификација ни најсовремена енергетски ефикасна опрема и спротивно: во старт, проект за зграда со високи енергетски перформанси (нискоенергетска зграда, пасивна, блиска до нула) ги овозможува условите за примена на иновативни современи високоефикасни системи за греење, ладење, вентилација.

Претходно цитираните европски директиви [5] и [6] се инкорпорирани во македонското законодавство, односно во Законот за градба (моментално е во форма на нацрт) и актуелниот Закон за енергетска ефикасност, преку неговите подзаконски акти, односно преку Правилникот за енергетски карактеристики на згради и Правилникот за енергетска контрола, кои непосредно се пред официјално публикување.

Правилникот за енергетски карактеристики на згради има огромен позитивен чекор во однос на стариот од 2013 година, што се однесува на многу елементи кои се на нивото на соодветната регулатива во европските земји, но, во некои сегменти ги надминува и нивните строги критериуми. Пред сè, ова се однесува на специфичната географска положба на нашата земја, која заедно со другите соседни балкански земји но и пошироко со земјите на југоисточна Европа, лежат на изразито турско подрачје, со можни и очекувани земјотреси дури од 9 степени (**Слика 1.1.6**). Земјотресот во Скопје во 1963 година, според Рихтерова (*Richter*) скала имаше магнитуда  $M = 6,1$ , односно, според Меркалиева (*Mercalli*) скала, оценка на интензитетот е IX.



Слика 1.1.6: Студија за сеизмичност на Балканскиот регион, десно, за повратен период од 1.000 години

Почитувајќи го овој факт, во сите овие региони постојат национални регулативи за асеизмичка градба, според која е задолжителна примена на масивни и масовни армирано-бетонски конструктории (столбови, греди, серклажи, платна, еркери) кои генерираат сериозни („малигни“) топлински мостови. Учеството на овие топлински мостови во вкупните годишни топлински загуби во една зграда изнесува и повеќе од 30%. И, додека во другите земји надомест на овие загуби дополнително се компензира со паушално додавање на 5, 10, 15 дури и 20 % од вкупните годишни загуби, според нашиот нов правилник се пресметуваат точните топлински загуби добиени со помош на пресметаните параметри на преку 3.000 топлински мостови содржани во македонскиот „Каталог на линеарни топлински мостови во згради во сеизмички региони“. Овој каталог во 2017 година го издаде Комората на овластени архитекти и овластени инженери на Република Македонија.

Постои огромна разлика помеѓу процедурата со паушална компензација на топлинските мостови и процедурата со точни пресметки со помош на македонскиот каталог:

1. Паушалната процена на топлинските мостови ги игнорира следните релевантни факти:

- Број и типови на топлинските мостови (конструкциски, геометриски, конструкциско-геометриски, периодични, конвективни), а со тоа и нивното влијание врз вкупните енергетски загуби.
- Геометрија на зградата (димензии во основата, катови и височина).
- Факторот на форма (однос помеѓу вкупната климатизирана – греана површина и бруто волуменот кој што оваа површина го затвора).
- Конструктивниот систем на зградата, вклучително и составот на градежните конструкции од обвивката (надворешни ѕидови, покриви, подови, еркери, транспарентни фасадни елементи).
- Местоположба на слоевите на топлинска изолација во конструкциите (од надворешна страна, во средина, однатре).

Со вакво игнорирање на објективните факти, процена на влијанието на топлинските мостови дава неточни корективни вредности: помали од реалните или непотребно зголемени кај добро осмислени проекти на енергетски ефикасни згради. Освен тоа, барањето во Правилникот за контрола на внатрешна површинска кондензација и појава на мувла единствено е можно со увид во физичката големина на топлинските мостови, фактор на минимална внатрешна површинска температура  $f_{Rsi \min}$  кој што во Каталогот е пресметан за сите мостови.

2. Процедурата за пресметка на влијанието на топлинските мостови со користење на вредностите на физичките големина (коэффициентот на линеарни топлински протоци,  $\psi$ ,



еквивалентниот коефициент  $U_{eq}$ , температурниот фактор  $f_{Rsi\ min}$ ) дава апсолутно точни резултати.

Покрај третманот на топлинските мостови, во новиот Правилник за енергетски карактеристики на згради, новини се и построгите критериуми во основниот проект кои треба да бидат исполнети при барање одобрение за градба за нова или енергетска реконструкција на постоечка зграда:

- Намалени се максимално дозволените вредности на коефициентите  $U$  на конструкциите и елементите од обвивката на зградата, кои се значително помали од претходните. На пример,  $U$  за надворешните ѕидови е  $0,22\ W/m^2 \cdot K$ , во споредба со претходната вредност за  $U = 0,35\ W/m^2 \cdot K$ .
- Во процедурата за пресметка на годишно потребна енергија се вклучени греење, ладење, вентилација, електрика, санитарна топла вода, сето тоа трансформирано во примарна енергија, за разлика од старите барања за потребна енергија само за греење и надомест на загуби од инфилтрација на воздух и природна вентилација, независно од тоа каков е типот на енергијата и изворот.
- За пресметка на енергетската класа воведен е термин „виртуелна, замислена зграда“ која е референтна зграда за дефинирање на класата на реалната зграда, при издавање на соодветен сертификат. Од 7-те класи (*A, B, C, D, E, F, G*) најниска дозволена класа е *B* со  $26-50\ kWh/m^2\ an$  (годишно) примарна енергија на годишно ниво.
- Покрај енергетски сертификат, се бара и сертификат за еколошка оценка за влијанието врз животна средина во форма на емисија на  $CO_2$ , пресметан на основа на енергетската класа. Еколошкиот сертификат исто така има 7 класи на емисија на  $CO_2$ .

## 1.1.5 Појдовни чекори за исполнување на минималните барања по однос на енергетските перформанси на градежните конструкции и зградата во целина

### 1.1.5.1 Географска положба и ориентација на објектот

Кога се говори за нискоенергетски или пасивни куќи, задоволување на нивните енергетски потреби главно се базира на енергија од обновливи извори, пред сè на сончевата и геотермалната, кои се присутни насекаде.

Географската широчина на локацијата е од суштински значење за користење на сончевата енергија. Аголот на упадните сончеви зраци во објектот во разни периоди од годината битно влијае врз ориентацијата и архитектурата на зградата во поглед на нејзиното отворање кон сонцето. Имено, за главната страна на објектот треба да е резервирана јужната ориентација ( $180^\circ$ ), со максимално можно отстапување на азимутот од  $\pm 30^\circ$ . Прозорците со јужна ориентација треба да се со големи површини, за разлика од оние со азимут од југоисточна до северозападна ориентација, кои треба да ги задоволат само барањата за дневно светло. Треба да се исклучат засенчувањата од кое било потекло во зимскиот период: вегетација, други објекти, балкони, стреи и сл. Со ваква ориентација се обезбедуваат предуслови за оптимално користење на пасивната и активната сончева енергија.

### 1.1.5.2 Архитектонски факти – фактор на форма

Вкупните топлински загуби на еден објект во голема мера зависат од односот помеѓу површината на граничните конструкции (обвивката) и волуменот кој што тие го затвораат, познат како фактор на формата,  $f_0 = A/V \text{ m}^{-1}$ . Повисоки вредности на факторот значат и повисоки топлински загуби, што не оди во прилог на добра енергетска ефикасност.

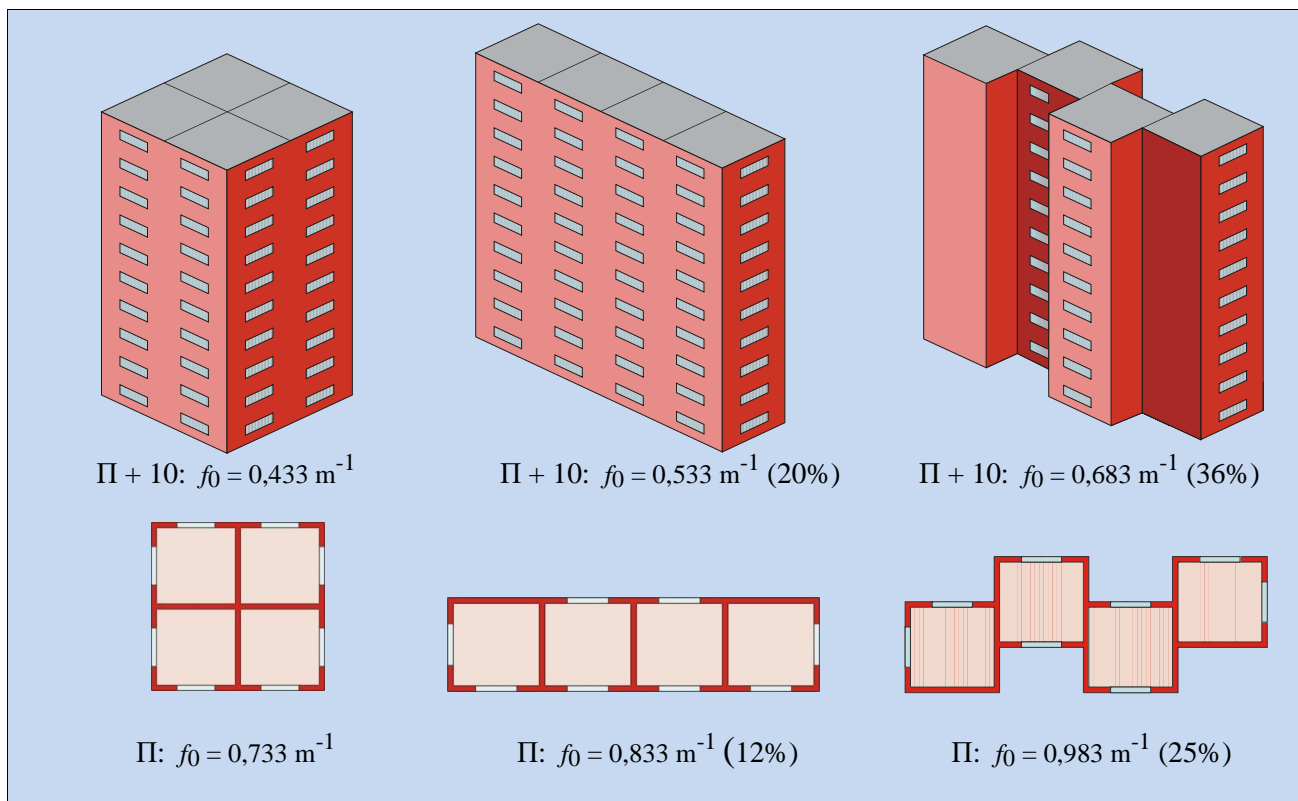
Соочени со овој факт, архитектите во идејната фаза на проектирање треба да избираат, по можност, едноставни форми, без непотребни разигрувања на масите и непотребна примена на т.н. „второстепена пластика“, само од формален аспект, без функција. Со почитување на ваква препорака, уште во стартот се створаат предуслови и се олеснува крајната цел: реализација на нискоенергетска или пасивна куќа. Сигурно е, ова не значи дека архитектонскиот изглед на вакви куќи не треба да ги задоволи и естетските критериуми. Напротив, многу пасивни куќи, покрај извонредната функционалност имаат и убава архитектура, што говори за успешна мултидисциплинарна соработка на повеќе стручњаци од разни области (архитекти, конструктивци, градежни физичари, машинци, електроинженери, еколози).

Во природата, „најдобриот пријател на човекот“ без да знае што е тоа фактор на формата на неговото тело и како оваа физичка големина се одразува врз губење на топлината од телото, интензивно ја применува кога му студи: се собира што е можно повеќе и на тој начин ја намалува површината низ која се губи топлина (Слики 1.1.7). Со тоа, без да знае, овој наш пријател испраќа силна едукативна порака и до архитектите, на кој начин треба да градат енергетски ефикасни згради.



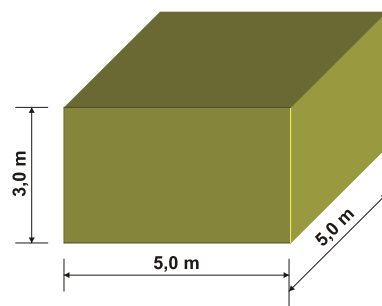
Слики 1.1.7: Практична примена на минимален „фактор на формата“

На Слика 1.1.8 се прикажани 3 модели на згради со по 10 ката, кои во основа сите имаат имаат површина по  $100 \text{ m}^2$  и волумен по  $3.000 \text{ m}^3$ , но со промена на формата на основата, се зголемува и факторот на формата на моделот во средина за 20% и моделот десно за 36%.

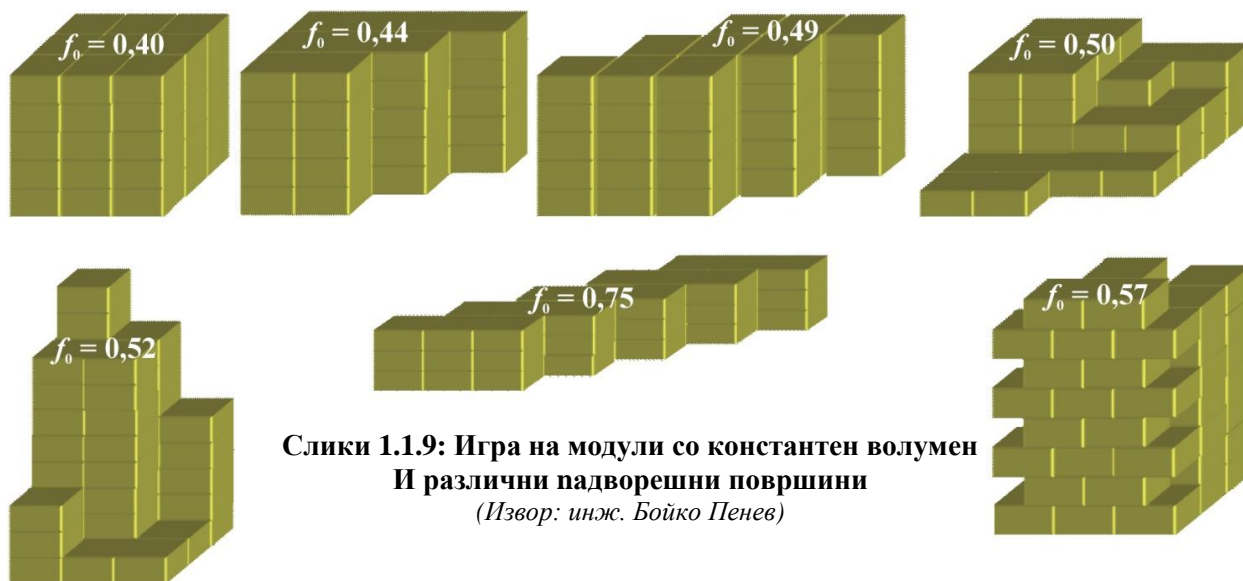


**Слика 1.1.8: Промена на фактор на форма на згради со иста површина во основа ( $4 \times 25 = 100 \text{ m}^2$ ) и гребан волумен на еден кат ( $100 \times 3 = 300 \text{ m}^3$ ) (Извор: Докторска дисертација на П. Николовски)**

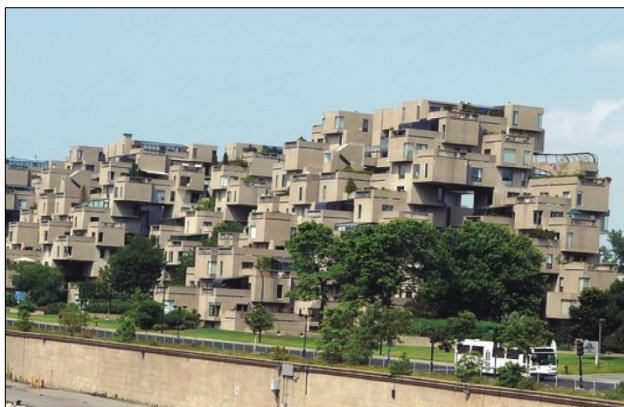
На архитектите кои имаат афинитет кон проектирање згради со поразиграни маси и волумени, во европската, но и во македонската регулатива никаде не им е ограничена нивната креативност во реализација на таквите згради, но, колегите треба да имаат предвид дека секое разигрување го зголемува факторот на форма на зградата, а тоа за последица има зголемени топлински загуби. За да се задоволат строгите критериуми за енергетските карактеристики, мора да се зголемат топлинските изоляции и применат други расположливи мерки за да се компензираат ефектите од повисоките вредности на  $f_0$ .



На Слика 1.1.9, со употреба на 45 основни модули, секој со димензии 3,0 x 5,0 x 5,0 m и волумен од  $75 \text{ m}^3$ , добиени се најразновидни форми на згради, секоја со идентичен вломен ( $45 \times 75 = 3.375 \text{ m}^3$ ).



**Слики 1.1.9: Игра на модули со константен волумен И различни падворешни површини (Извор: инж. Бојко Пенев)**

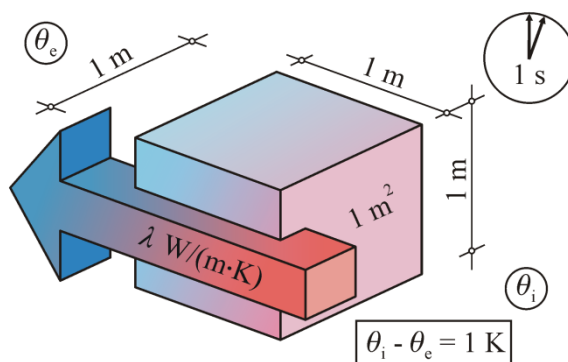


Слика 1.1.10: Станбен комплекс „Хабитат 67“ во Монреал (Канада)

### 1.1.5.3 Архитектонски факти – Дефинирање на составот на градежните конструкции од обвивката

Топлинско-изолациската моќ на некој материјал се изразува со неговиот коефициент на топлинска спроводливост, во градежна физика познат со симболот - грчката буква ламбда ( $\lambda$ ) и мерка  $W/(m \cdot K)$ . Колку е помала вредноста на  $\lambda$ , толку помалку минува топлина низ материјалот, односно материјалот има толку подобри топлински изолациски својства. Не постои прецизна дефиниција за тоа кои материјали може да го носат атрибутот „топлинско-изолациски“, но може да се уважи констатацијата во стандардот *MKC EN ISO 9229*, дека материјали со  $\lambda \leq 0,065 W/(m \cdot K)$  се погодни за примена во згради како топлинско-изолациски. На Слика 1.1.11 графички е претставена дефиницијата за коефициентот  $\lambda$ :

„Коефициентот на спроведување на топлината  $\lambda$  се дефинира како количество топлина којашто за време од една секунда минува низ материјал со дебелина 1 m и површина  $1 m^2$ , при температурна разлика од 1 K помеѓу двете страни на материјалот“.



Слика 1.1.11: Графичка интерпретација на дефиницијата на коефициентот  $\lambda$

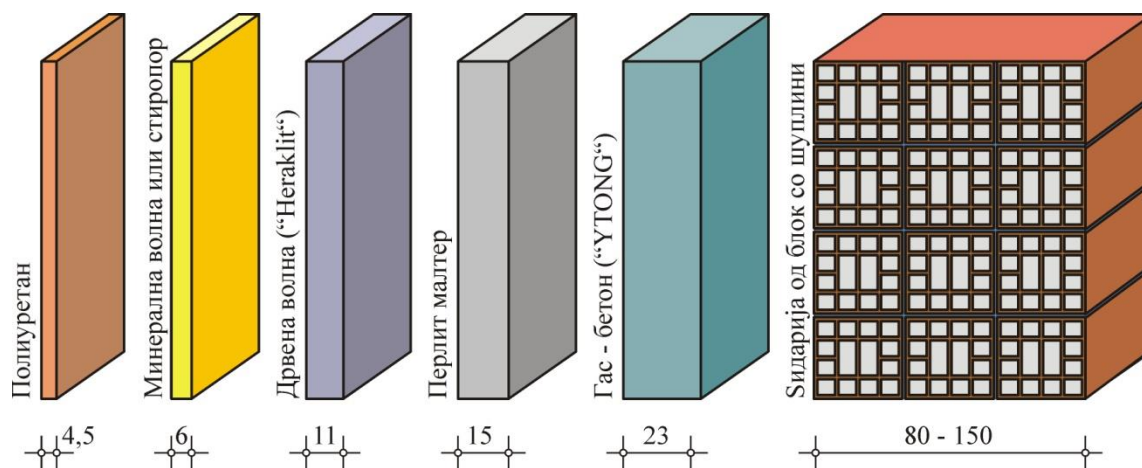
Во нашето градежништво може да се најдат материјали прикажани во Табела 1.1.1. Првите 4 имаат коефициент  $\lambda$  значително помал од  $0,065 W/(m \cdot K)$ , што значи дека тие се вбројуваат во групата изолациски материјали. Меѓутоа, и другите, со помала изолациска моќ, може успешно да се применат во одредени конструкции, но со значително поголеми дебелини.

Табела 1.1.1: Вредности  $\lambda$  на некои градежни материјали

Материјал	$\lambda$ [W/(m $\theta$ K)]
Плоча од полиуретан (PU)	0,03
Плоча од стиропор (експандиран полистирен - EPS)	0,04
Плоча од екструдирани полистирен (XPS)	0,035
Минерална волна (камена и стаклена)	0,04
Плоча од плута	0,05
Плоча од дрвена волна ("Heraklit")	0,07
Перлит малтер	0,10
Блокови од гас-бетон ("YTONG", "Siporex")	0,150 – 0,180
Сидарија од керамички блок со шуплини	0,500 – 0,960
Сидарија од полна тула	0,810 – 1,200

На прашањето кој топлинско-изолациски материјал е најдобар, во апсолутна смисла на зборот, одговорот е едноставен: таков материјал не постои. За секој конкретен случај, во зависност од конструкцијата во која треба да се вгради, може да се избере најповолниот изолациски материјал, споредувајќи ги неговите карактеристики со останатите материјали. При изборот, покрај најважното, но не и единствено важно својство – коефициентот  $\lambda$ , споредбата може да се прави и според физичките својства, како што се структурата, формата, густината, механичката отпорност, стисливоста, еластичноста, способноста за впивање вода, отпорност на дифузија на водена пара, температурен опсег за примена, отпорност на оган, чувствителност во контакт со агресивни материји и средини, димензионална стабилност, стареење. Понатаму, споредбата може да се прави според хемискиот состав, цената, манипулативноста при вградувањето, еколошкиот фактор итн.

Ако се анализира само коефициентот на топлинска спроводливост  $\lambda$ , тогаш еквивалентната изолациска моќ преку еквивалентниот коефициент  $U_{eq}$ , на пример, за  $U_{eq} = 0,60$  W/(m $^2$ ·K) за некои најчесто употребувани материјали, прикажана е на **Слика 1.1.12**, со соодветните дебелини за секој од материјалите.

Слика 1.1.12: Дебелини на некои материјали потребни да имаат  $U_{eq} = 0,60$  W/(m $^2$ ·K)

#### 1.1.5.4 Архитектонски факти – Преглед на својствата на некои изолациски материјали

##### Минерална волна (стаклена и камена)

Изолациските материјали во форма на влакна со конзистенција на волна, според стандардот *МКС EN ISO 9229*, без оглед на нивниот хемиски состав, имаат заедничко име – минерална волна. Меѓутоа, кај нас е вообичаено да правиме разлика помеѓу стаклена волна, чија основна суровина за производство на влакната е стакло (силициум диоксид) и минерална волна, добиена од растопена

карпа (камен, базалт), згура и сл., односно произведена од минерални суровини. Добро е што правиме ваква разлика, бидејќи поради сличноста постојат и разлики меѓу нив, кои можат да бидат одлучувачки при изборот во одредени случаи.

И стаклената и камената волна имаат многу заеднички својства:

- имаат сличен коефициент на топлинска спроводливост  $\lambda$ , чија вредност варира во зависност од нивната маса ( $\text{kg/m}^3$ ). За иста вредност на  $\lambda$ , камената волна има поголема тежина;
- и двата материјала можат да се конфекционираат и испорачуваат во најразновидни форми: од неврзана растресита волна во вреќи, преку лесни фенолизирани филцеви во ролни со должина од 5 m и повеќе, плочи со различна густина и дебелина, од најмеки (најлесни) до најтврди (најтешки), т.н. „душеци“ прошиени зедно со друг материјал (натрон хартија, терхартија, метална мрежа), јажиња и кокили за изолација на цевки итн;
- и двата типа волна се отпорни на високи температури и пожар;
- паралелно со добрите топлинско-изолациски својства имаат извонредни ефекти во пливачките подови за апсорпција на ударниот звук во меѓукатните конструкции. При тоа мора да се внимава да бидат употребени плочи со соодветна носивост и со препорака над волната да се изведе лесно армирана цементна кошулка со минимална дебелина од 4 cm;
- едноставноста при вградувањето во објектите и поволната цена се добри својства и на двата типа материјали (Слики 1.1.13).



**Слики 1.1.13: Производи од стаклена (горе) и минерална (доле) волна**  
(Извор: Комерцијални проспекти)

Меѓутоа, постојат и разлики кои можат да бидат решавачки при изборот кој тип од волните има предност во некоја конструкција. Со оглед на тоа дека и двата материјала можат да впијат значително количество вода, важно е да се напомене битната разлика во нивното однесување при вквa ситуација.

Генерално, влагата во изолацискиот материјал е непожелна, бидејќи водата делумно ги исполнува воздушните шуплини а токму воздухот во тие микро шуплини е носител на изолациските својства. Во пракса, присуството на влага во градежните материјали е многу често, било тие да се навлажени пред нивното вградување или пак влагата да дојде по пат на кондензација во зимскиот процес пародифузија. Во секој случај, при сушењето на влагата во летна сезона, изолацискиот материјал треба да остане непроменет.

Познато е дека стаклото е инертно во контакт со какви било материи и хемиски сустанции (освен со флуороводородна киселина) и по сушењето на навлажената стаклена волна, производот останува непроменет.

Влакната на минерална волна, во зависност од локацијата на каменоломот и типот на каменот, во својот состав може да содржат и разни оксиди на железо, сулфур и други несакани примеси. Во контакт со влагата настануваат хемиски реакции, при што доаѓа до промена на влакнестата структура на волната, а со тоа се губи и дел од нејзините изолациски својства. Истовремено присутна е опасност од корозија на метални површини, доколку, на пример, таква волна е поставена во сендвич помеѓу метални лимови. Поради овој факт, производителите на камена минерална волна употребуваат одредени врзивни средства за да ја зголемат водоодбојноста на својот производ.

### Експандиран полистирен (EPS) - стиропор

Еден од најпопуларните материјали за топлинска изолација е експандираниот полистирен, во повеќе земји познат по своето трговско име „стиропор“. За него постојат најконтрадикторни мислења, од оние дека, наводно, се губи, испарува, опасене за човечкото здравје, го јадат глупци, инсекти итн., до оние дека тој е идеален изолациски материјал. Вистината е следна:

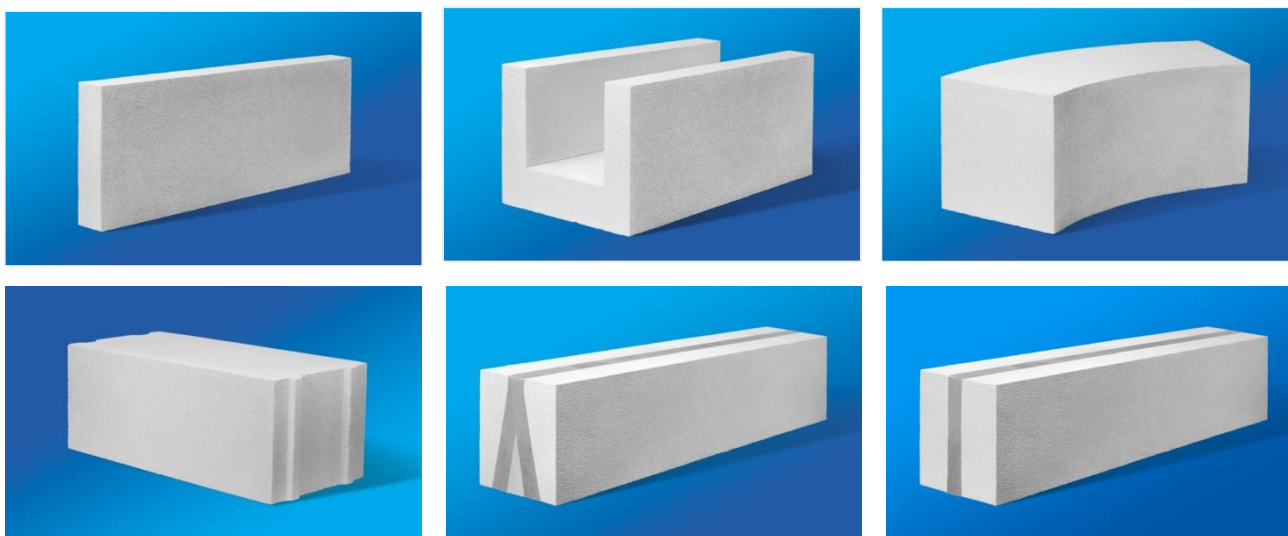
- Точно е дека некои хемиски материји и соединенија се агресивни за него и можат во помала или поголема мера да го оштетат. Пред сè, тоа се органски разредувачи, како на пример бензин, бензоли, ацетони, толуени, нитро разредувачи, бои на нитро база, нафта, разни лепила произведени врз база на напред наведените органски разредувачи, феноли итн. Но, во градежните конструкции мала е можноста стиропорот да дојде во контакт со нив. За разлика од нив, стиропорот е постојан во алкални средини, при дејство на соли, морска вода, сапуни, силикони, шпиритус и др.
- Стиропорот е чувствителен на високи температури. Долготрајна изложеност на температури до  $+80^{\circ}\text{C}$  не може да предизвика негово оштетување, а тој добро ги поднесува и краткотрајните температури до  $+130^{\circ}\text{C}$ , на пример, во контакт со врел битумен. За повисоки температури неговата употреба не е дозволена.
- Од аспект на горливоста, постојат два типа стиропор: едниот спаѓа во група запалливи материјали и тој при евентуален пожар бурно согорува, притоа трошејќи големи количества кислород. Вториот тип спаѓа во групата самогасливи, кај кои процесот на горењето запира откако ќе се отстрани изворот на пожар, односно доаѓа до самогасење. За среќа, првиот тип, горлив стиропор насекаде е исфрлен од производство.
- Ултравioletовите сончеви зраци имаат директно неповолно влијание врз стиропорот доколку тој биде изложен на нивно дејство во подолг временски период (неколку месеци или повеќе). Оштетувањата се манифестираат со пожолтување на изложените површини, промена на структурата и ронење на површинските слоеви. Значи, за неговата трајност задолжително е тој да биде механички затворен од сите страни со други градежни материјали. Точно е дека стиропорот може да биде нападнат од глодари или птици, но не како храна, зашто 97% до 99% од неговиот волумен е воздух, а преостанатите 1% до 3% се полистирен кој во никој случај не е хранлива материја. Всушност тие стиропорот го користат за гнезда, а тоа говори за фактот дека и животните го ценат како добар изолациски материјал. Проблемот со заштита од глодари и птици едноставно се решава со потреба стиропорот во секоја градежна конструкција да биде затворен од секоја страна.
- Многу добрата изолациска моќ му овозможува на стиропорот со мали дебелини да постигне оптимална топлинска изолација.
- Стиропорот има голема отпорност на притисок, а со тоа и можност да се вградува во конструкции каде што од изолацискиот материјал се бара одредена носивост (на пример, во подните изолации).
- Со своја мала густина ( $15$  до максимум  $30 \text{ kg/m}^3$ ) стиропорот е најлесниот изолациски материјал.
- Стиропорот малку впира вода. По 7-дневно потопување во вода тој впира 0,3 до 0,8 волуменски %, во зависност од густината, а водата многу бргу ја испушта при сушењето. Ова се должи на фактот што ќелиите во стиропорот се затворени. Од степенот на експандирањето и густината зависи и процентот на впиената вода.
- Најпосле, но не и најмалку битни елементи при изборот на стиропор како изолациски материјал се неговата конкурентна цена во однос на другите материјали, лесната обработка при вградувањето, безбедноста во еколошка смисла итн.

Како заклучок, познавајќи ги и земајќи ги предвид сите негови напред наведени својства, за стиропорот со сигурност може да се каже дека, доколку правилно се вградува во објектите, тој претставува траен материјал и неговиот век во конструкцијата е неограничен.

Постои разликата помеѓу експандираниот (*EPS*) и екструдираниот (*XPS*) стиропор: коефициентот  $\lambda$  на *XPS* има за 10% пониска вредност и значително поголема отпорност на притисок.

### Блокови од гас-бетон ("*Ytong*")

За производство на гас-бетон се користат природни сировини: песок 60%, цемент 20%, негасена вар 15% и суров гипс. Блоковите од гас-бетон, кај нас познати под трговското име "*Ytong*", и покрај тоа што имаат 4 до 5 пати послаби изолациски својства од, на пример, стиропорот или минералната волна (**Табела 1.3.1**), можат успешно да се употребат кај надворешните фасадни сидови, со тоа што таков сид со дебелина 25 – 30 см, покрај статичките, истовремено може да ги задоволи и дел од барањата во поглед на топлинската изолација (**Слика 1.1.14**).



Слика 1.1.14: Разни форми на производи од гас-бетон (Извор: Xella)

#### 1.1.5.5 Архитектонски факти – Местоположба на топлинската изолација во градежните конструкции

Кога се разгледува потребата од топлинско изолирање на згради, веднаш се наметнуваат неколку прашања: кои градежни конструкции во објектот треба да се изолираат, кои изолациски материјали да се употребат и со какви дебелини, кое е местото на топлинската изолација во составот на конструкцијата итн.

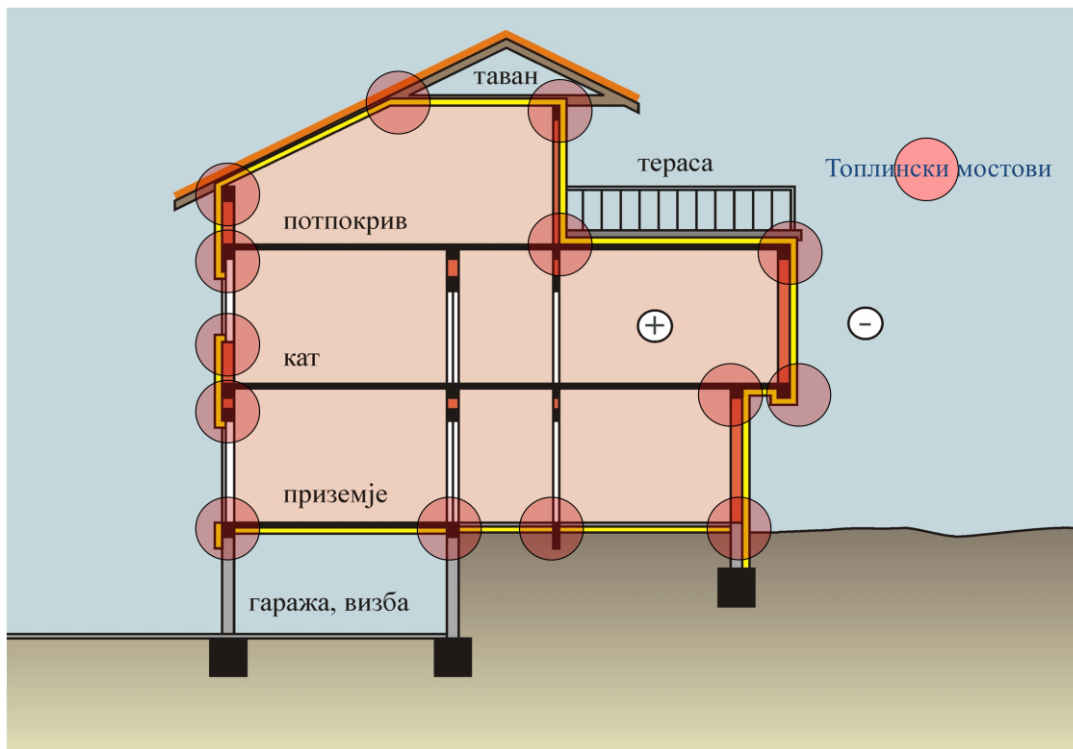
Во принцип, сите градежни конструкции кои разделуваат две средини со значителни температурни разлики треба да бидат изолирани. Пред сè тоа се конструкции во состав на обвивката на зградата кои ги разделуваат внатрешните затоплувани (во лето ладени) простории од надворешниот студен (во лето топол) простор: надворешни сидови, рамни и коси покриви, еркери, меѓукатни конструкции над отворени премини (пасажи), подови на змје итн. Меѓутоа, и внатрешните преградни конструкции помеѓу затоплувани и незатоплувани простории, како што се гаражи, визби, тавани, скалишни простори, шахти за лифт и сл., бараат топлинска изолација.

На **Слика 1.1.15** со розова боја се прикажани внатрешни простории во еден објект, кои во зимскиот период се грејат, додека сината боја ја означува надворешната атмосфера како и просториите кои не се затоплуваат (гаража, визба, таван). Материјалот за топлинска изолација на сликата е прикажан со жолта боја. Сите конструкции кои се изолирани ја претставуваат обвивката на оваа зграда, а во обвивката се лоцирани топлинските мостови, означени со црвени кругови.

Од огромна важност е местоположбата на топлинско-изолацискиот материјал во составот на некоја градежна конструкција. Во тој поглед не постои дилема: најисправно решение е градежната



конструкција да се изолира од надворешна страна. Ваквото решение има низа предности во однос на изолацијата поставена во средината или од внатрешната страна на конструкцијата. Некои од предностите на изолацијата поставена однадвор се:



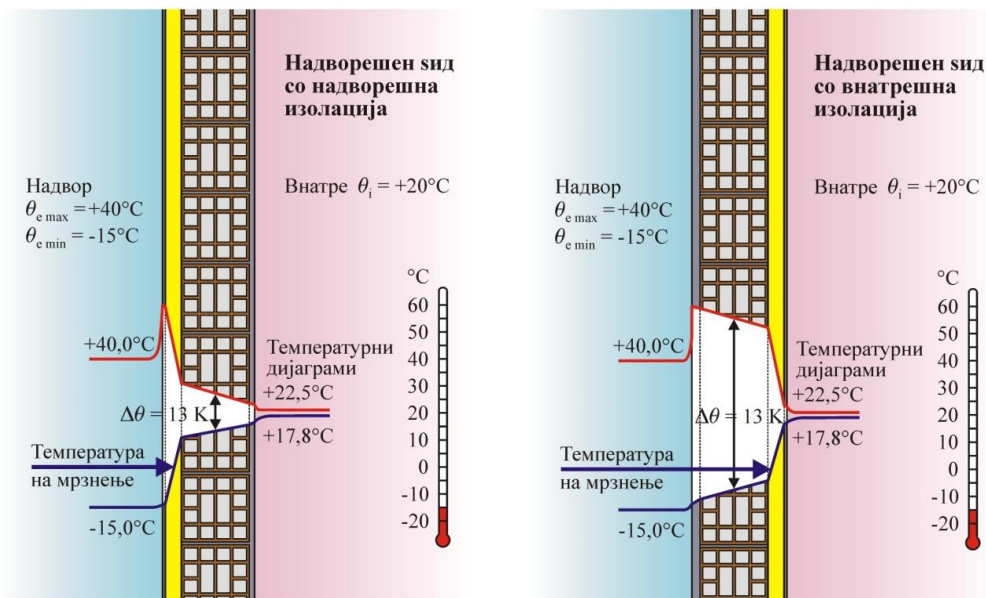
**Слика 1.1.15: Локација на топлинска изолација и топлински мостови во обвивката на зграда**

- изолациониот слој е континуиран и 100% ја изолира конструкцијата;
- површинските и линиските топлински загуби се најмали;
- не постојат „малигни“ топлински мостови кои се причина за внатрешна површинска кондензација на влага во зимскиот период, со можност за појава на мувла;
- пародифузија низ конструкцијата во зимскиот период најчесто е стационарна, т.е. не постои задржување на водената пара во конструкцијата, а со тоа е оневозможена кондензација на влага во некој од слоевите;
- надворешните температурни разлики помеѓу најниските зимски и највисоките летни температури, кои изнесуваат  $80^{\circ} - 90^{\circ}\text{K}$ , во градежната конструкција се намалуваат на  $10^{\circ} - 15^{\circ}\text{K}$ , со што материјалите минимално дилатираат и не постои опасност од појава на пукнатини;
- во зимскиот период градежната конструкција не се лади многу, ја акумулира внатрешната топлина, тешко ја оддава кон надвор и долго време по прекин на греењето ја враќа во просторијата;
- во летниот период изолацијата не дозволува загревање на конструкцијата поради високите надворешни температури, а со тоа е овозможена пријатна внатрешна микроклима;
- дебелината на надворешните конструктивни ѕидови може да изнесува само 20 cm (доколку тоа е дозволено од статички аспект), во споредба со т.н. „сендвич-ѕид“ со изолација во средина, кој што има дебелина 30 cm. На овој начин се заштедува на ѕидаријата а внатрешната корисна површина на просториите се зголемува за по 10 cm по обемот на објектот.

За трајноста на градежните материјали од битно значење е тие да се наоѓаат во стабилна зона, со релативно мали температурни промени, т.е. разликите помеѓу зимските и летните температури да бидат мали, со што ќе се обезбеди и мало дилатирање на материјалите. Големите температурни разлики предизвикуваат големи ширења и собирања, и по извесен период, заради т.н. „замор на

материјалите“, во конструкцијата може да се појават пукнатини, во почеток само од естетска природа, но подоцна може да прераснат во градежна штета, која ќе бара санација.

На најголеми температурни промени се изложени надворешните ѕидови, особено оние со ориентација од југоисток до запад. На **Слика 1.1.16** е прикажано во колкава мера влијае местоположбата на топлинската изолација на еден ист ѕид, кога тој е изолиран од внатрешна, и за споредба, од надворешна страна. При летна температура од  $+40^{\circ}\text{C}$  и зимска од  $-15^{\circ}\text{C}$ , температурната разлика во оската на ѕидот за овие екстремни температури, кај ѕидот со внатрешна изолација изнесува  $\Delta\theta = 64\text{ K}$ . Оваа температурна разлика кај истиот ѕид со надворешна изолација изнесува само  $13\text{ K}$ .



**Слика 1.1.16: Температурни разлики во оските на надворешни ѕидови со внатрешна и надворешна топлинска изолација**

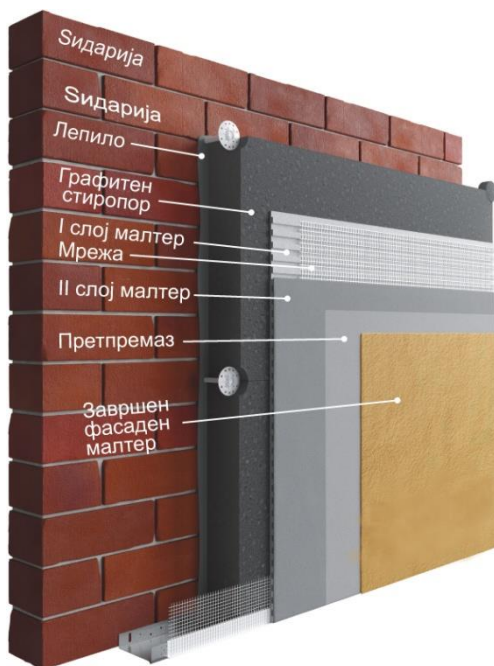
Покрај тоа, за дадените температурни услови, важно е да се анализира каде се наоѓа точката со температура  $0^{\circ}\text{C}$ , односно точката на мрзнење на водата. Кај ѕидот со внатрешна изолација, целиот надворешен ѕид се наоѓа во зоната на негативни температури. Тоа значи дека присуство на влага од какво било потекло (влага од дифузија, природна градежна влага на материјалот, надворешна атмосферска влага) во ѕидот во одреден момент ќе премине во мраз, со сите деструктивни последици. Наспроти ова, кај ѕидот со надворешна изолација, точката со температура  $0^{\circ}\text{C}$  се наоѓа близу до надворешната површина, односно во самата топлинска изолација. Значи, целиот ѕид се наоѓа во зона со позитивни температури и со мали температурни разлики, без оглед на разликите помеѓу внатрешниот и надворешниот амбиент.

### 1.1.6 Системи за надворешна топлинска изолација

Во принцип постојат два начина на изведба на фасадна топлинска изолација од надворешна страна. Едниот е т.н. вентилирана фасадна изолација во која што материјалот за топлинска изолација механички е прицврстен за ѕидната конструкција. Преку ваква континуирана изолација се поставува завршна фасадна облога на одредена оддалеченост од неа, со што е овозможено постоење на воздушен слој. На најниска кота на фасадната облога, преку рамномерно распоредени отвори, овозможен е влез на надворешниот воздух во просторот помеѓу изолацијата и облогата, а низ отвори на највисоката кота на облогата, излез на тој воздух во атмосферата. Ова природно гравитациско проветрување има многу позитивни ефекти и во зима и во лето.

Во зима, при дифузија на водената пара од внатрешноста, пареата наидува на овој вентилиран слој и без задржување излегува во атмосферата. Во лето, фасадната облога претставува „чадор“ кој фрла сенка на ѕидната конструкција и со истовремено проветрување значително се намалува загревањето на ѕидот. Вкупната површина на отворите во фасадната облога за влез и за излез на воздухот како и дебелината на вентилираниот слој се димензионираат во зависност од височината на воздушниот столб, односно од височината на фасадата.

Вториот начин е т.н. надворешна контактна фасадна топлинска изолација која во стандардите има точен термин „Компактни системи за надворешна топлинска изолација“ – КСиНТИ (*External Thermal Insulation Composite Systems - ETICS*). Во овие системи изолациониот материјал директно е залепен на ѕидната конструкција од надворешна страна и со пратечки материјали заштитен од низа неповолни надворешни влијанија.



Слика 1.1.17: Компактен систем  
(Извор: EWIPRO)

#### 1.1.6.1 Компактни системи за надворешна топлинска изолација - КСиНТИ (ETICS)

Поимот „систем за топлинска изолација“ кај нас често погрешно е интерпретиран, кога за комбинација на производи од разни произведувачи се нарекува „систем“ и се нуди како техничко решение за фасадна топлинска изолација. Меѓутоа, под систем се подразбира техничко решение креирано од одредена фирма-испорачател на сите компоненти на системот, за кој се обезбедени сите потребни институтски испитувања и атести, пропишани од европската регулатива, имплементирана и во нашето законодавство (Слика 1.1.17). Не е доволно поедини компоненти од системот, секоја за себе, да имаат атест за квалитет. Во системот секоја компонента има прецизно дефинирана функција, и во зависност од неа, се пропишуваат строгите критериуми кои компонентата треба да ги задоволи. Само компатибилноста помеѓу компонентите, што се докажува со сертификат за целиот систем (*European Technical Approval - ETA*), ја гарантира долготрајноста (функционална и естетска) на системот, а со тоа и долготрајноста на самата градежна конструкција и на објектот во целина.

Топлинско-изолациониот материјал во состав на системот може да биде на минерална база (стаклена или минерална волна) или на база високополимерни сврди органски пени, како што се полиуретански, фенолни, фенолформалдехидни, епоксидни и др. Меѓу овие најзначајно место заема експандираниот полистирен – стиропор, а за одредени делови на конструкциите (фасадни површини во приземје, сокли, рабови при влезови во згради и пасажи, вкопани делови во земја и др.) и екструдирани полистирен. Заради многу добрите топлински и останати физичко-механички својства на стиропорот како и едноставноста и економичноста при вградувањето, неговата примена кај фасадните системи е најголема. На пример, во Германија контактните фасадни изолации со стиропор се застапени со 85%, додека оние со минерална волна со 14%.

### 1.1.6.1 Составни компоненти на систем врз база на стиропор

Најкраток опис на составот и технологијата за изведба на надворешна топлинска изолација со стиропор е: стиропор со проектирана дебелина, залепен на ѕидот однадвор, механички заштитен со армиран малтер и сето тоа финализирано со декоративен малтер за заштита на системот од надворешни влијанија. Понатамошна анализа на ваква упростена формулација ги конкретизира поединечните компоненти во состав на системот, по редоследот на нивното вградување:



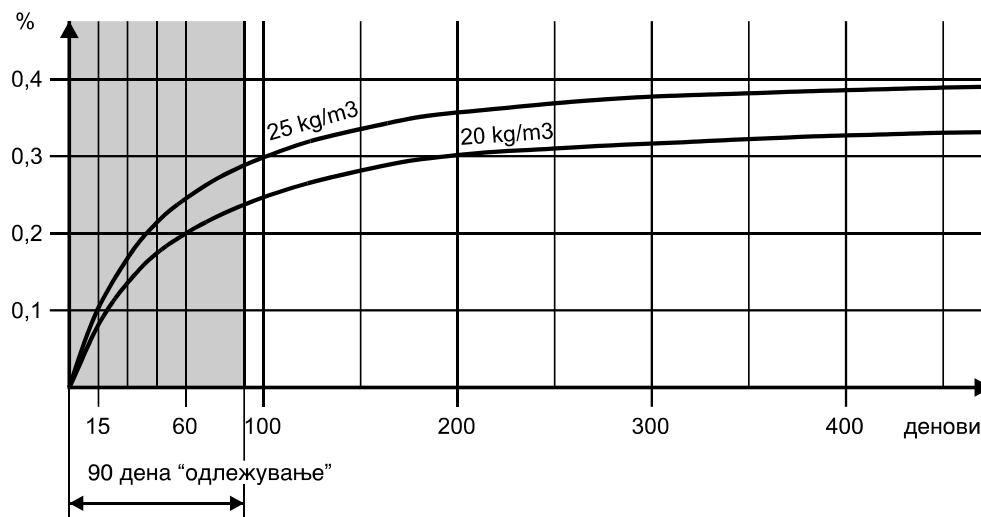
Слика 1.1.18: лепење на стиропор плочи

1. **Лепило** во целост треба да ја исполни функцијата за цврст и постојан контакт помеѓу стиропорот и подлогата, исполнувајќи ги барањата за прионливост врз подлогата (тула, бетон, гасбетон) и врз стиропорот, отпорност на циклично влажење и сушење, отпорност на пукање, собирање при сушење (%), цврстина на притисок и свиткување итн. За сите овие барања се издава соодветен сертификат од лабораторија.

Лепилото се нанесува на стиропор плочите по одредена шема (Слика 1.1.18)

2. **Стиропор** како топлинско изолациски материјал има примарна улога, но тој е и најделикатниот материјал кој што бара комплетно познавање на сите негови својства, како системот би функционирал долготрајно и без проблеми.

Едно природно својство на стиропорот се однесува на неговата димензионална стабилност, односно тоа е неговото својство, по експандирањето да ги намалува своите димензии. Ова се должи на дифузија на гасот пентан кој што се користи при експандирање на суровината – полистирен. Теоретски, оваа контракција може да трае и 3 години, но за практична употреба се важни вредностите на контракцијата во првите 3 месеци, односно во првите 90 денови (Слика 1.1.19).

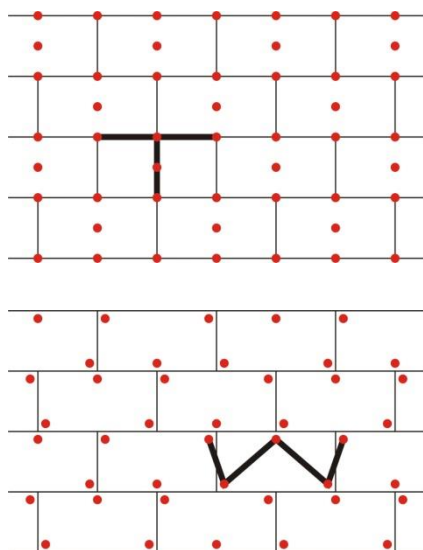


Слика 1.1.19: Дијаграм на контракција на стиропор

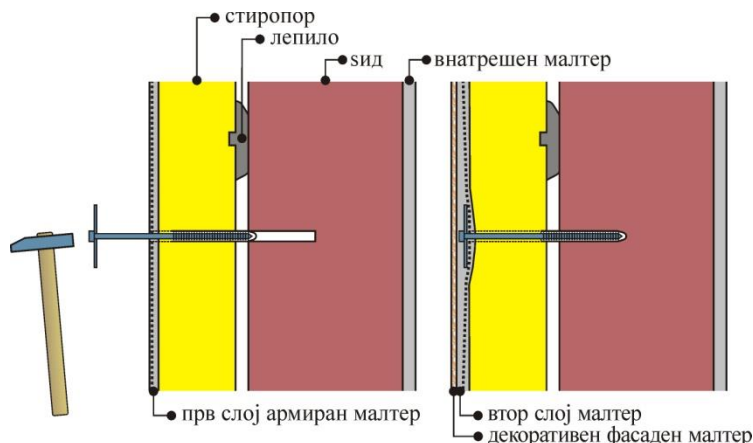
Во зависност од густината на стиропор, контракцијата во овој период изнесува околу 0,3% и вообичаено се вели дека во овој период стиропорот е „одлежан“, односно димензионално стабилизан. Дополнителната контракција од околу 0,1% што ќе се случи до

крајот на периодот на стабилизација, во најголем број случаи е занемарлива и не е штетна. Непознавањето и непочитувањето на ова негово својство може да предизвика несакани ефекти при вградувањето на стиропорот во некои специфични конструкции, какви што се композитни системи за надворешна топлинска изолација (КСиНТИ - ETICS).

- 3. Армиран малтер** има функција да го заштити стиропорот од сите можни механички повреди и влијанија како и од ефектите од природните контракции на стиропорот во процесот на неговото стареење. За таа цел, малтерот се армира со мрежа од безалкални стаклени влакна. Функција на арматурната мрежа од стаклени влакна (конци) е да го армира основниот малтер кој се нанесува во два слоја со вкупна дебелина од 5 – 6 mm, поради негова нееластичност и можност за пукање предизвикано од дилатации поради температурни промени. Тоа значи дека мрежата треба да биде втопена во средина од дебелината на малтерот. Технологијата на изведба на оваа позиција е следната: по лепење на стиропор плочите и стврдување на лепилото, во наредните 2-3 денови, се нанесува прв слој малтер со минимална дебелина од 2 – 3 mm и во него втиснуваат ролни од арматурна мрежичка со преклопи од 10 cm. Во системот за контактна топлинска изолација и малтерот треба да има сопствен сертификат за хидрофобност, паропропустливост, коефициенти на топлинска и влажностна дилатација, цврстина на притисок и свиткување, модул на еластичност, прионливост врз стиропор. И мрежата од безалкални стаклени влакна треба да има свој сертификат за силата на кинење, еластичноста, врзивното средство.
- 4. Анкери** ја дополнуваат сигурноста за носење на комплетниот систем и шемите на нивното монтирање прикажано е на **Слика 1.1.20**. Препорачливо е тие да бидат метални и наместо да се монтираат по лепење на стиропорот, експериментално е докажано дека, анкери со розетната поставена во средината на армираниот малтер (**Слика 1.1.21**) имаат поголема носивост. Уште поважно е, што со ваков систем ан анкерикување дигиен е атест за противпожарна сигурност на контактна фасадна изолација со стиропор.



**Слика 1.1.20: Монтажа на анкери: горе шема Т, доле W**



**Слика 1.1.21: Монтажа на анкери во армиран малтер**

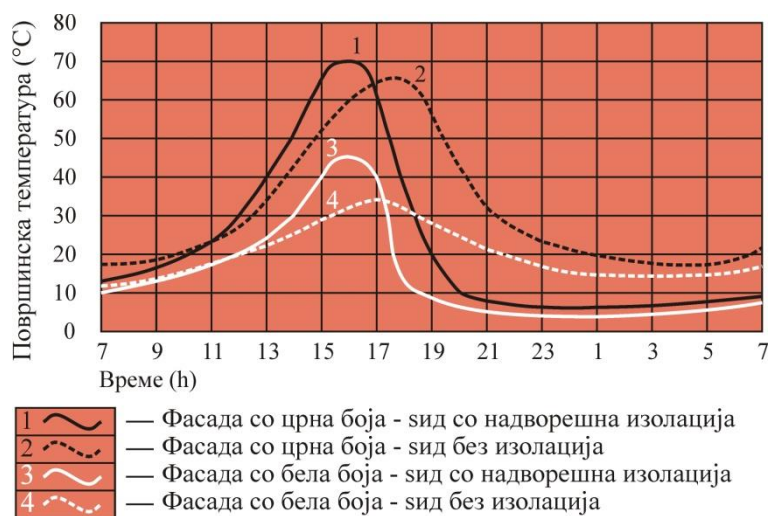
- 5. Завршен фасаден малтер** покрај естетската функција (структурна обработка, колорит) има и заштитна функција во однос на трајноста на целиот фасаден систем и воопшто на сидната конструкција. Тој е директно изложен на надворешни климатски влијанија (температурни промени, ултравиолетови заци, ветар, дожд, мраз), механички оштетувања, развој на микроорганизми (габички, алги), а пред сè низ него се одвива интензивна пародифузија во зимскиот период. Од огромна важност е завршниот малтер да има низок фактор на отпор на дифузија  $\mu$ , како со вкупниот релативен отпор на дифузија  $\mu \cdot d$  би се обезбедил т.н. „отворен систем“, без

можност да се појави кондензација внатре во слоевите. Ова го овозможуваат малтери на минерална основа, но, тие немаат задоволителна отпорност на атмосферски влијанија. Затоа, со додатоци на пластика во минералниот малтер, се постигнува избалансираност помеѓу овие две контрадикторни барања.

Во врска со колоритот на завршниот фасаден малтер треба да се истакне дека површини со темни тонови се загреваат дури и за 30 степени повеќе од фасадите со светли пастелни тонови (Слика 1.1.22).

Од влијанието на смог, УВ зраците и други фактори, после 1-2 години интензивните тонови бледат и патинираат, така да желбата на архитектот за естетски ефекти е краткотрајна (Слика 1.1.23).

Доколку се инсистира на примена на темни тонови, овие фасадни површини треба да се минимални и истовремено да се избегнуваат фасади со јужна и западна ориентација.



Слика 1.1.22: Површински температури на западни фасади во зависност од колоритот и изолацијата



Слика 1.1.23: Зграда снимена на 24.01.2014 (лево) и на 12.10 2016 (десно)

## 1.1.7 Енергетски ефикасни прозорци

### Општо

Во вкупниот биланс на топлинските загуби низ градежните конструкции во некој објект, со оглед на големата процентуална застапеност во однос на другите гранични конструкции (покриви, подови, еркери), доминантни се загубите низ надворешните фасадни ѕидови и застаклените фасадни отвори, како составна компонента на надворешните ѕидови.

И додека со примена на современи топлинско-изолациски материјали, системи и техники на изведба, изолациската моќ на овие ѕидови може да биде многу висока и вредноста на коефициентот на пренесување на топлината  $U$  да им се намали дури на  $0,10 - 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , и во случаи на примена на најсовремени технологии при производство на рамки на прозорци и стаклопакети, вкупната вредност на коефициентот  $U_w$  на прозорците останува неколкупати поголема од онаа кај ѕидните конструкции.

Истата аналогија важи и за застаклените фасади кои во последно време интензивно се применуваат во современата архитектура. Имено, нетранспарентните делови на застаклената фасада (на пример, парапетите) со примена на големи дебелини на топлинска изолација од внатрешната страна на стаклото, може да добијат задоволителни вредности на  $U$ . Меѓутоа, транспарентните делови само со стакло имаат неколку пати поголеми вредности  $U$ , односно низ нив повеќе се губи топлина, отколку низ стаклата на парапетите.

Заклучок е дека процентот на топлинските загуби низ прозорците во споредба со ѕидовите во кои тие се вградени, е висок.

Овие факти налагаат внимателен приод кон анализата на влијанието на застаклените елементи во некоја зграда врз нејзиниот вкупен енергетски биланс, што мора да се земе предвид уште во фазата на идеен проект.

### 1.1.7.1 Прозорски рамки

Прозорската рамка (фиксен и мобилен дел) со својата вредност  $U_f$  има големо влијание врз средната вредност  $U_w$  на целиот прозорец. Ова влијание зависи од површината на рамката ( $A_f$ ) во однос на површината на целиот прозорец ( $A_w$ ). Инаку, прозорските рамки може да бидат направени од дрво, челик, алуминиум, PVC, композитни материјали итн.

Прозорските рамки треба да имаат добра топлинско-изолациска моќ што може да се обезбеди на повеќе начини. Некои произведувачи нудат дрвени прозорци со полнеж од полиуретанска пена. Достапни се и рамки целосно направени од дрво или од материјали на база на дрво. Повеќе произведувачи нудат пластични рамки со топлинска изолација. Во принцип, сите прозорски рамки треба да имаат зголемена дебелина за стаклопакетот да може да се вметне во нив.

Дрвото и пластиката се сметаат како рамки со добри изолациски карактеристики. Наспроти ова, челикот и алуминиумот имаат висока топлинска спроводливост. Меѓутоа, современите алуминиумски рамки се направени со т.н. “топлински прекини“, со што значително е редуцирано пренесувањето на топлината од внатрешниот дел на рамката кон надворешниот. Ова за резултат има и намален ризик од појава на кондензација на внатрешните површини на рамките од металниот прозорец.

### 1.1.7.2 Застаклување (стакло-пакет)

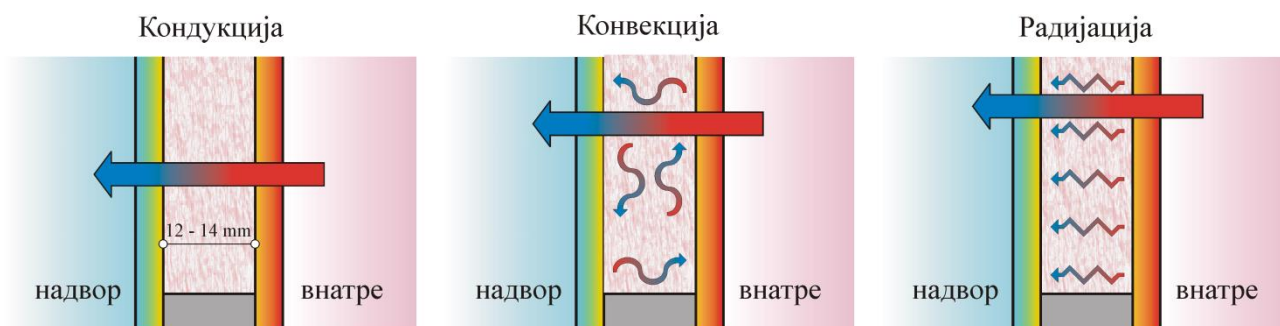
Покрај прозорските рамки со добри изолациски перформанси, застаклувањето во состав на еден прозорец е носителот на крајните ефекти, со оглед дека површината на стакло-пакетот е поголема во однос на површината на рамките. Современите прозорци кои се употребуваат во нискоенергетски згради (пасивни, близу до нула енергетски, плус нула енергетски) поради носење на тешките стакло-пакети имаат помасивни рамки во однос на класичните прозорци, а со тоа и поголема површина, но, сепак, застаклената површина е доминантна во однос на целиот прозорец.

### 1.1.7.3 Пренесување на топлината низ стакло-пакет со струење (конвекција)

Обичното бело стакло има коефициент  $\lambda = 0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , односно вредност  $U_g = 5,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , што говори дека самото стакло во состав на еден стакло-пакет нема никакво влијание. Веќе две обични бели стакла во стакло-пакетот на растојание од 15 mm, кои затвораат слој воздух (гас) со дебелина 15 mm, ја подобруваат вредноста  $U_g$  на  $3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Доколку овој двослоен стакло-пакет со обично стакло добие нискоемисивен премаз, тогаш вредноста  $U_g$  е уште помала и изнесува  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Кај трислоен стакло-пакет со обично бело стакло вредноста  $U_g$  изнесува  $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , што значи дека во енергетски поглед подобар е двослоен стакло-пакет со премаз за ниска емисија отколку трислоен со обични стакла.

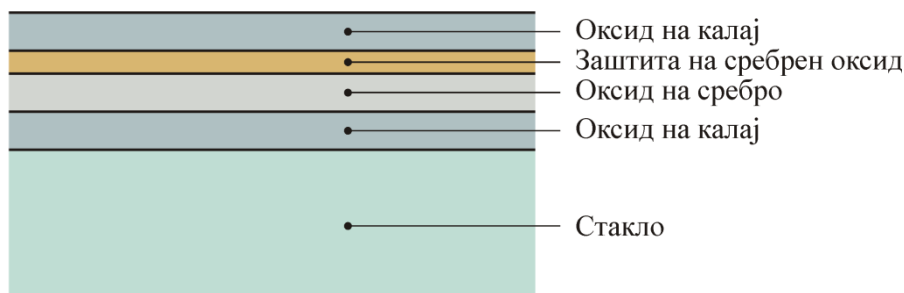
За да се разбере функцијата на премазите со низок фактор на емисија и физиката на пренесување на топлина низ застаклување на прозорци, на **Слика 1.1.24** се дадени познатите три начини на трансмисија на топлината.



**Слика 1.1.24: Пренесување на топлина низ стакло-пакети**

Интензитетот на топлинските загуби преку конвекција во голема мера зависи од т.н. фактор на емисија на површина,  $\varepsilon$ , којшто е бездимензионален.

За многу градежни материјали факторот  $\varepsilon$  изнесува 0,9. Обичното стакло има  $\varepsilon = 0,89$ . Со цел оваа висока вредност да се намали, а со тоа да се намалат и топлинските загуби со конвекција, при производството на стакло се применува технологија на нанесување метализиран слој од бакар, злато, алуминиум или сребро (**Слика 1.1.25**). Слојот се нанесува од едната страна на стаклото, при што се обезбедува многу низок фактор на емисија. Во зависност од природата на овој премаз, вредноста  $\varepsilon$  од 0,89 се намалува на 0,30 – 0,15 (пиролитички премаз) и оди до 0,10 – 0,02 (магнетронски премаз). Самиот премаз, всушност се состои од неколку слоја, со вкупна дебелина на микронско ниво.



**Слика 1.1.25: Нискоемисивен метализиран слој врз стаклото за намалување на факторот  $\varepsilon$**



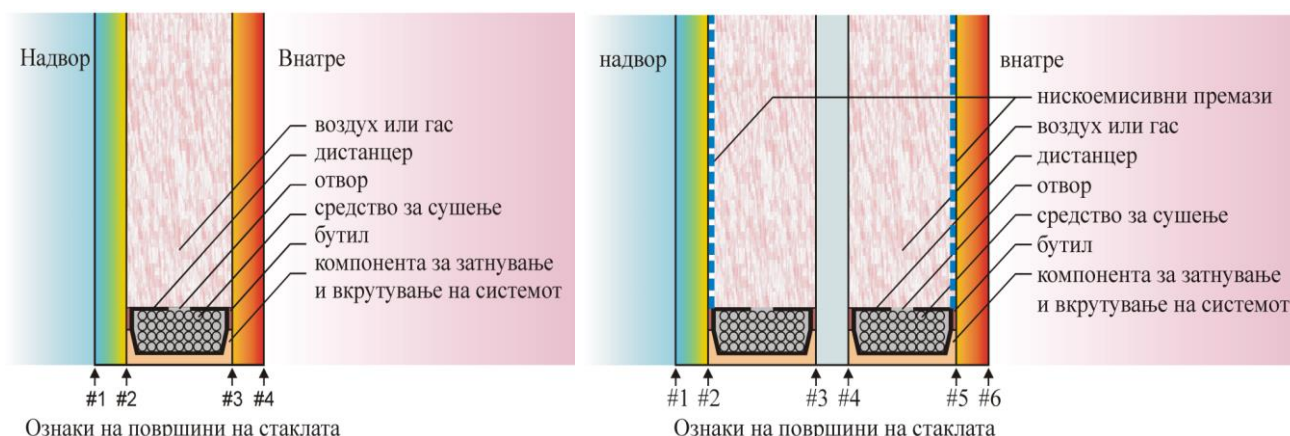
### 1.1.7.4 Пренесување на топлината низ стакло-пакет со зрачење (радијација)

Од интерес за енергетските заштеди, едно од суштинските својства на застаклувањето е коефициентот на пренесување на топлината со зрачење.

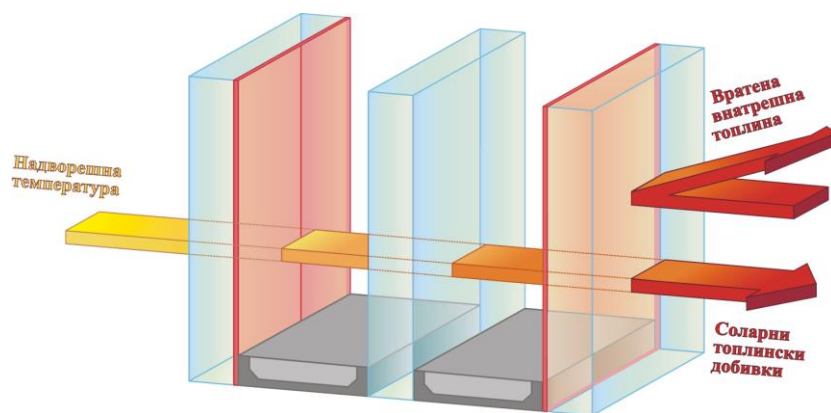
Со цел да се контролира и овој начин на пренесувањето на топлината, површините на стаклата кон меѓупросторот се премачкани со материјал за рефлексија на инфрацрвено зрачење. Со вакво застаклување, во зависност од видот на гасот и премазот, вредноста  $U_g$  може да се намали и до  $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Покрај ограничувањето на топлинските загуби, втората функција на ова застаклување со високи перформанси е да се овозможат пасивни соларни добивки.

### 1.1.7.5 Двослојно и трислојно застаклување со високи перформанси

Стакло-пакетот претставува единица составена од две или три стакла пломбирани во фабрика, разделени со херметички затворен простор што содржи воздух или изолациски гас. Главна цел на ваквиот стакло-пакет е да се искористат изолациските својства на просторот со воздух или гас за намалување на коефициентот на пренесување на топлината (вредност  $U_g$ ) на застаклувањето. Понатаму, изолациските карактеристики може да се зголемат на повеќе начини (со премази со ниска емисија, со благороден гас и др.). На тој начин тие го добиваат епитетот “стакло со високи перформанси“, или “нискоемисивно стакло“ или “Low-E” стакло (Слика 1.1.26).



Слика 1.1.26: Компоненти на двослојно и трислојно застаклување (“Low-E” стакло)



Слика 1.1.27: Трислојно застаклување со премаз Planibel Tri™ како „пасивно стакло за активно живеење“

Трислојно застаклување се применува кога се бараат многу ниски вредности  $U_g$ , помали од  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , какви што се случите кај нискоенергетските и пасивните згради. Ова застаклување денес е тренд.

Европската компанија AGC, специјално за трислојно застаклување, има дизајнирано специјален премаз Planibel Tri™ кој што има извонредно позитивно влијание врз енергетските резултати. (Слика 1.1.27).

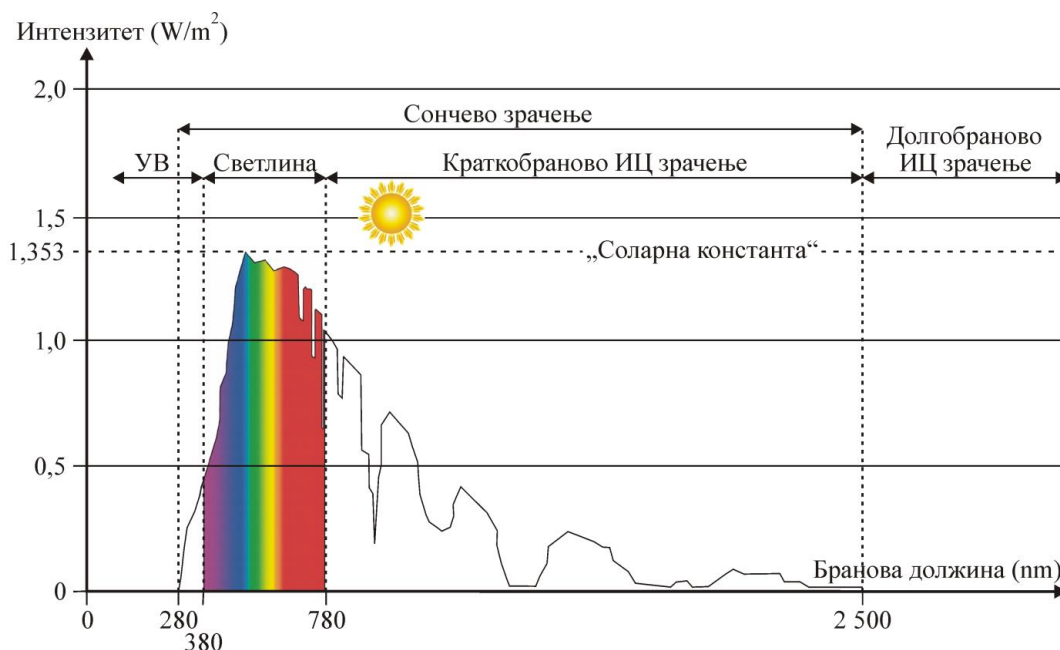
Премазот Planibel Tri™ отвора врати кон развојот на нискоенергетските одржливи згради користејќи го сонцето како доминантен обновлив извор на енергија.

За да се разбере механизмот на делувањето на разните типови нискоемисивни премази, мора да се знае составот на сончевите зраци, односно сончевиот спектар.

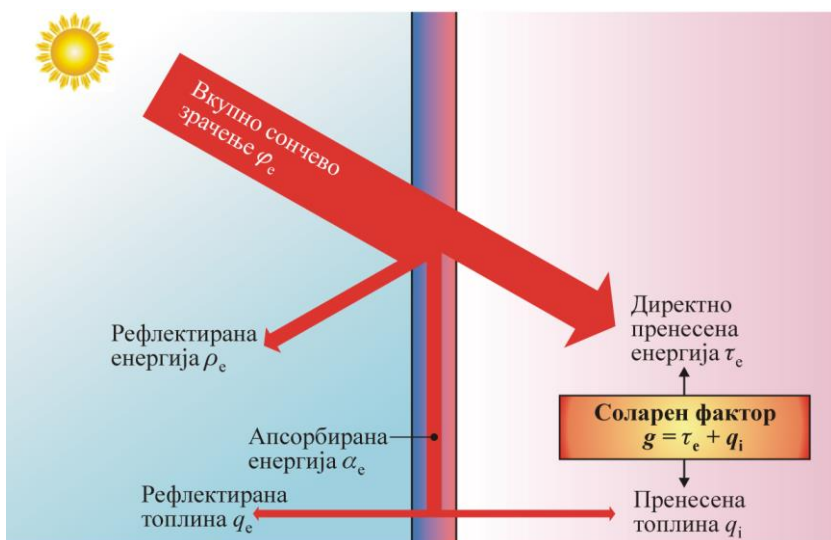
### 1.1.7.6 Спектар на сончевите зраци

Планетата Земја и целиот жив свет на неа секојдневно се изложени на електромагнетни зрачења од различни видови, вклучувајќи го и Сонцето. Типовите на електромагнетното зрачење се дефинирани со својата бранова должина изразена во микрометри ( $\mu\text{m}$ ) или нанометри ( $\text{nm}$ ).

Во енергетски поглед, во сончевиот спектар најсилно е видливото (светлинско) зрачење, а најслабо е ултравиолетовото (Слика 1.1.28).

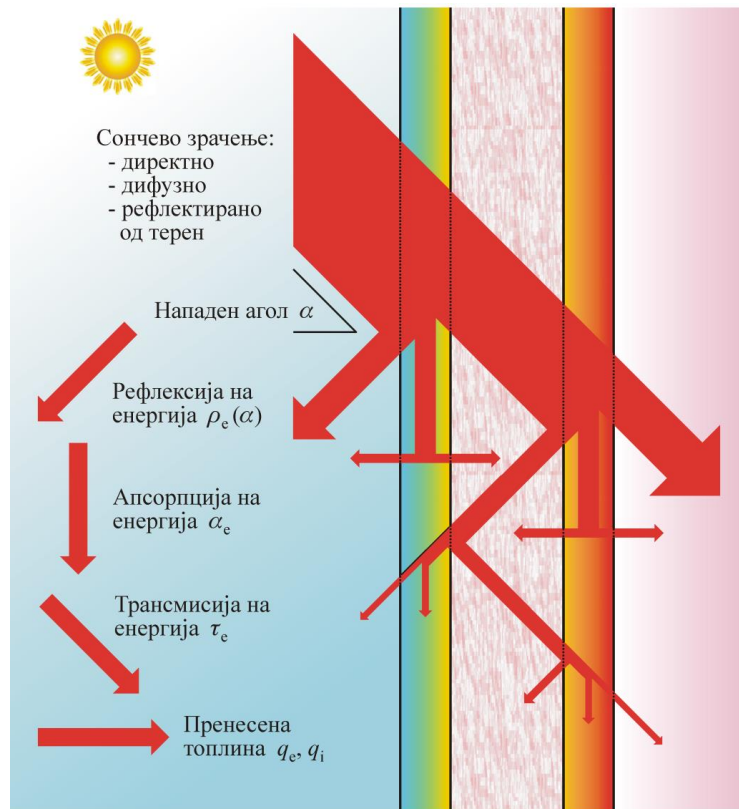


Слика 1.1.28: Енергетски интензитет на спектар на сончевото зрачење



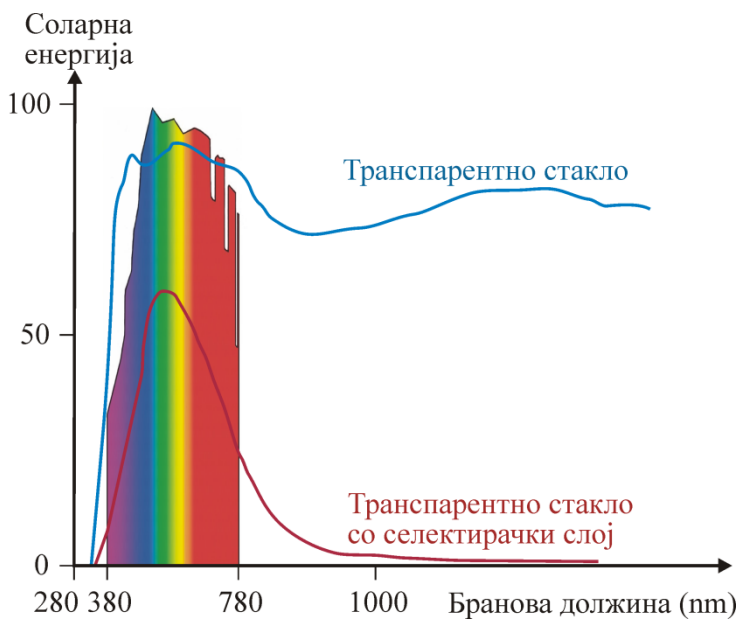
Слика 1.1.29: Енергетски фактори при обично монолитно стакло

Добиената енергија зависи од годишното време (нападниот агол на сончевите зраци во однос на Земјата), географската ширина, временските услови (облачност, магла, дожд), конфигурацијата на теренот, загаденоста на атмосферата, ориентацијата на зградите и др. При упадот на сончевите зраци низ стаклото, вкупната енергија на сончевото зрачење се дели на неколку фракции (Слика 1.1.29 и Слика 1.1.30).



1.1.30: Енергетски фактори при двослојно застаклување

1.1.7.7 Селективно пропуштање на сончевата енергија



1.1.31: Ефект на селектирање на сончевата енергија низ просирни стакла

Со минување на сончевите зраци низ застаклувањето, во внатрешноста на просториите се генерира топлина од ултравиолетовите зраци, од видливата светлина и од кратkobрановото инфрацрвено зрачење. Количеството на оваа топлина може да се редуцира со употреба на стакла со премаз со високи перформанси, без да се намали интензитетот на видливата светлина (Слика 1.1.31). Ваквиот премаз го попречува минувањето на ултравиолетовото и кратkobрановото инфрацрвено зрачење, но ја пропушта светлината. Овој тип стакла се нарекуваат селективни.

### 1.1.7.8 Соларна контрола

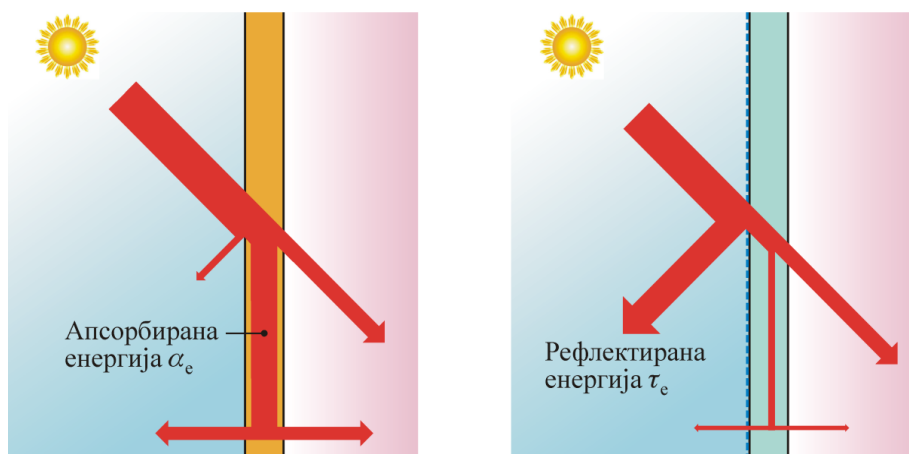
Во летниот период интензивното влијание на сончевите зраци низ застаклени површини ги зголемува потребите од енергија за ладење. За да се намалат овие несакани топлински добивки, современата технологија на производство на стакло проблемот го решава со селективно пропуштање на сончевите зраци, односно се применува соларна контрола на стаклата.

Важно е да се напомене дека елементите со кои се дизајнираат стаклата за да им се овозможи соларна контрола (боја, премаз) немаат ефект врз топлинско-изолациските карактеристики на самите стакла.

### 1.1.7.9 Апсорпциско стакло

Апсорпциското стакло всушност е стакло во боја, добиено со додавање метални оксиди во целата негова маса. Колоритот може да биде во повеќе нијанси: бронзена, сива, зелена итн. Во зависност од бојата и од дебелина на стаклото, соларниот фактор варира помеѓу 40% и 80%.

При вакво стакло дел од енергијата од сончевото зрачење се апсорбира во стаклото, пред остатокот од енергијата да биде емитиран назад кон надворешноста или пропуштен кон внатрешноста (Слика 1.1.32).



Слика 1.1.32: Апсорпциско стакло (лево) и стакло за рефлексција (десно), со премаз од надворешна страна

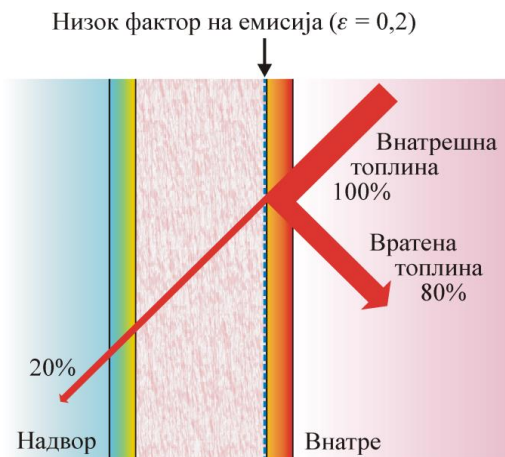
Количеството енергија рефлектирана кон надворешноста или кон внатрешноста зависи од брзината на ветерот и од надворешната температура, соодветно. За поефикасно да се врати топлинското зрачење кон надворешноста, апсорпциското стакло треба да биде поставено што е можно поблизу до надворешната површина на фасадата.

На рамни фасади апсорбираната топлина во стаклата многу полесно се оддава кон надвор, со што нивото на зрачењето кон внатрешноста е пониско.

Употребата на апсорпциски стакла полека го губи приматот во споредба со употребата на стакла со премази. Современата технологија на примена на метални премази врз стаклата овозможува да се произведат стакла со високи перформанси. Освен тоа, апсорпциските стакла се загреваат многу побрзо од конвенционалните, што во одредени случаи може да доведе до термичко оптоварување на стаклата и нивно кршење.

Додека факторот на емисија влијае врз долготрановото инфрацрвено зрачење, тој нема ефекти врз краткотрановото сончево зрачење. На тој начин, со употреба на двослојно застаклување со високи перформанси, се зголемува топлинската изолација а истовремено однадвор се пропушта поголемо количество краткотранова сончева енергија која ја загрева внатрешноста на објектот. Предметите во внатрешноста емитуваат топлина во форма на долготраново инфрацрвено зрачење со бранова должина

над 2.500 nm. Бидејќи стаклото со премаз со низок фактор на емисија не го пропушта овој вид зрачење, со апсорпција на оваа радијација стаклото се загрева и оваа топлина ја враќа внатре во просторијата.



**Слика 1.1.33: Премаз со низок фактор на емисија**

Наспроти ова, обичното стакло лесно ја спроведува топлината кон постудената страна, на пример, во зима кон надворешноста, со што се губи значително количество топлина. Значи, слојот со ниска емисија има за цел да ја зголеми рефлексијата на топлината апсорбирана од страна на стаклото, кон внатрешноста на објектот. Во споредба со обичното стакло, стаклото со ниска емисија обезбедува задржување на топлината во зградата и го зголемува топлинскиот комфор.

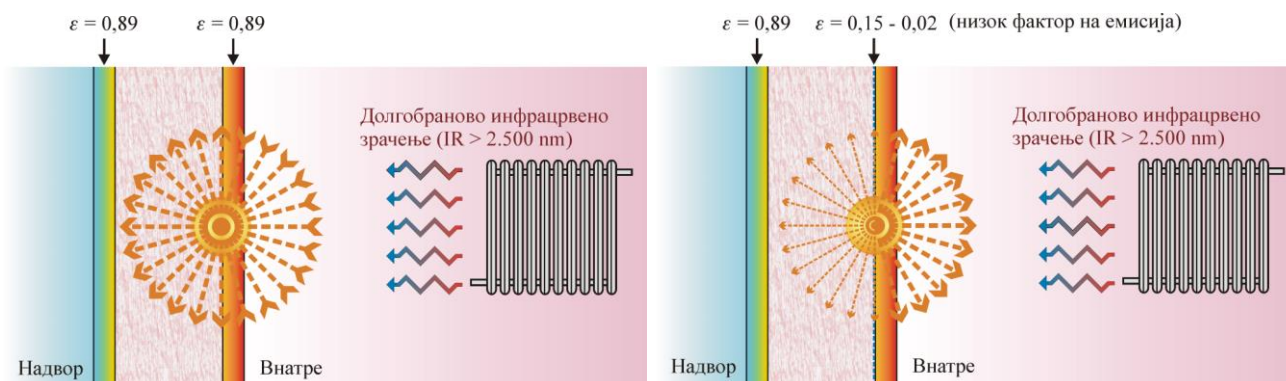
На пример, фактор на емисија 0,2 обезбедува 80% од топлинскиот проток да биде апсорбиран од стаклото и рефлектиран внатре во објектот (Слика 1.1.33).

Врз основа на претходно изнесеното, може да се дефинира следното правило:

**Колку е понизок факторот на емисија толку е поголема рефлексијата кон внатрешноста и поголеми се заштедите на топлината.**

На Слика 1.1.34, лево е прикажан двослоен стакло-пакет со обични стакла (фактори на емисија  $\epsilon = 0,89$ ) каде што внатрешната топлина во форма на долгобраново инфрацрвено зрачење лесно минува како низ внатрешното исто така и низ надворешното стакло, при што се губи значителен дел од топлината.

За разлика од ова, на Слика 1.1.34, десно внатрешното стакло во двослојниот стакло-пакетот има премаз со ниска емисија ( $\epsilon = 0,15$  до  $0,02$ ) кој што голем дел од долгобрановото инфрацрвено зрачење (повеќе од 80%) го враќа назад во просторијата.



**Слика 1.1.34: Обично двослојно застаклување (лево) и високоефикасно двослојно застаклување (десно)**

### 1.1.8 Сугестии за добри практики при проектирање на енергетски ефикасни индивидуални и колективни згради за домување.

Посакуваните добри топлинско-изолациски карактеристики на прозорците ќе го имаат очекуваниот ефект само доколку прозорците се вградени исправно. При вградувањето посебни проблеми се јавуваат на нивната врска со компактни ѕидни конструкции од бетон или керамички блокови, кои имаат висок коефициент на спроведување на топлината ( $\lambda$ ). Овие места во градежните конструкции, познати како топлински мостови, може да бидат причина за поголеми топлински загуби од загубите низ самите прозорци. Ако прозорците не се исправно монтирани, нивната вредност  $U_w$  може да се влоши дури и за  $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Инаку, при исправна монтажа, коефициентот на линеарните топлински загуби низ мостовите,  $\psi$ , може да биде близок до  $0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

Во стандардот МКС EN ISO 14683 дадени се информативни вредности на  $\psi$ , за сите три случаи на местоположба на прозорецот во однос на дебелината на ѕидот.

Најмала вредност на коефициентот  $\psi$  има прозорец монтиран во надворешната рамнина на ѕидот (значи, нула загуби низ топлинскиот мост) а највисока прозорец монтиран во внатрешната рамнина на ѕидот.

Има два позитивни факта кои одат во прилог на првиот случај (Слика 1.1.35, лево).

1. Ако знаеме дека топлинските загуби низ топлинските мостови се производ од коефициентот  $\psi$  и неговата должина, на пример, во една повеќекатна станбена зграда со 500 прозорци со димензии  $1,00 \times 1,40 \text{ m}$ , обемот на секој прозорец е  $4,80 \text{ m}$ , или вкупниот обем на сите прозорци  $l = 2.400 \text{ m}$ , што истовремено е и должина на топлинските мостови на сите прозорци.

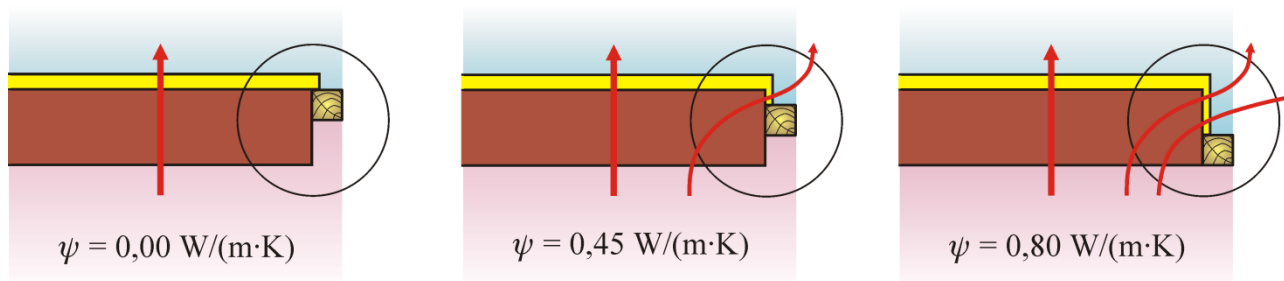
За прозорци вградени во надворешна рамнина на ѕидот топлинските загуби низ топлинските мостови се  $0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

За прозорци вградени во средината на ѕидот вкупните загуби се  $2.400 \times 0,45 = 1.080 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  за секој степен температурна разлика помеѓу надворешната и внатрешната средина. Оваа бројка помножена со степен денови за Скопје (2.536), дава околу  $2.738 \text{ kWh}$  дополнителни топлински загуби на годишно ниво, и тоа само низ топлинските мостови.

Во случајот со прозорци вградени од внатрешна страна на ѕидот, резултатот од едноставната математика од претходниот случај е речиси двојно поголем, во негативна смисла.

И во двата случаја, поради дебелината на прозорската рамка, ограничена е дебелината на изолацискиот слој на бочните страни на ѕидот (шпалетни) со што низ овие површини се губи повеќе топлинска енергија во однос на останата фасада.

2. Вториот аргумент е инвестициска заштеда при изведба на фасадната изолација. Во случајот на прозорци поставени во надворешната рамнина на ѕидот, изолацијата се плаќа за рамната површина на зградата (Слика 1.1.35, лево). Во останатите два случаја, дополнително се плаќа изолацијата на шпалетните, но не за  $\text{m}^2$ , туку за должен метар, поради помала површина и покомплицирана изведба на работ (Слика 1.1.35, во средина и десно).



Слика 1.1.35: Три позиции на местоположба на прозорец во надворешен ѕид

### 1.1.9 Грешки при изведба на КСиНТИ и последици

Топлинска изолација на фасадите (КСиНТИ) е релативно скапа инвестиција и ваквите фасади треба да се во функција колку и животниот век на зградата или барем 30 до 40 години. Три се предуслови за исполнување на ова барање:

1. Коректен проект со сите градежни детали разработени според „Европско упатство за употреба на КСиНТИ“ и упатство од носителот на системот КСиНТИ.
2. Испорака на сите компоненти кои се во состав на некој систем, со придружен документ за Европска техничка усогласеност (ЕТА).
3. Изведба на фасадата од страна на сертифицирани професионални изведувачи, во согласност со пропишаната технологија за изведба.

За жал, во Македонија најчесто ни еден од овие три предуслови не се исполнува и како резултат на тоа не ретка појава се оштетувања и распаѓање на постоечките фасади. Тоа треба да се очекува и од оние изведени од понов датум, но катастрофални случаи се случуваат дури и во текот на самата изведба на КСиНТИ.

#### 1.1.9.1 Најчести потенцијални грешки при изведба на КСиНТИ

1. ЕПС-плочите имаат рамни рабови на т.н. „прост судир“.
2. Еден ист производ се употребува и за лепење на ЕПС-плочите и за нанесување на армираниот малтер.
3. Директно преку ЕПС-плочите се поставува стаклената мрежа „на суво“, а дури потоа првиот слој малтер.
4. Во тој случај вториот слој воопшто не се нанесува.
5. Анкерите за дополнително прицврстување на изолациските плочи се поставуваат според произволна шема.
6. Како завршен слој неретко се употребува боја, нанесена со микронска дебелина.
7. Употреба на дополнителни елементи - профили од метал.
8. Изведба при ниски зимски и високи летни температури.

На ова поле во пракса се детектирани следните грешки при избор на материјалите и начинот на изведба на работите:

1. Важен податок - непостоење на декларација на проиведувачот на ЕПС (тип, маса, датум на производство, стандард итн.).
2. Несоодветна маса на ЕПС, некогаш  $30 \text{ kg/m}^3$ , некогаш под  $15 \text{ kg/m}^3$  (оптимална маса на ЕПС за КСиНТИ е  $17 - 20 \text{ kg/m}^3$ ).
3. Редовна појава е да се употребува еден ист материјал за лепење на стиропор и за малтерот врз него. Во „Европско упатство за употреба на КСиНТИ“ јасно е направена дистинкција меѓу лепилото и малтерот. Функцијата на лепилото и бараниот квалитет за него многу се разликуваат од оние за малтерот.
4. Директно преку ЕПС-плочите, „на суво“ се поставува стаклената мрежа и врз неа само еден слој малтер. На овој начин се прават три катастрофални грешки:
  - Мрежата пречи ЕПС целосно да биде покриен со првиот слој малтер, така што малтерот се лепи само на 60% - 70% од површината на плочите, што за последица има одлепување на малтерот при температурни и димензионални дилатирања на ЕПС.
  - Мрежата не го армира малтерот, што ѝ е основна функција, бидејќи се наоѓа на граница помеѓу малтерот и ЕПС, а не е втопена во средината на малтерот (аналогија на погрешно армиран бетон, кога арматурата лежи директно на оплатата а не во бетонската маса).
  - На овој начин се избегнува нанесување на вториот слој малтер, со што вкупната дебелина на малтерот останува едвај  $1 - 1,5 \text{ mm}$ , а со тоа е намалена и битната механичка заштита на плочите од ЕПС, во споредба со случај ако нанесување на малтерот биде во два слоја, со пауза по втиснувањето на мрежата во првиот слој, при што би се добила задоволителна вкупна дебелина од  $5 - 6 \text{ mm}$ .

5. Како финална обработка на фасада често се употребува премаз од боја со микронска дебелина, што не придонесува за дополнителна механичка заштита на изолациската плоча. Било да се работи за боја или фасаден малтер, не се води сметка за нивниот фактор на отпор на дифузија,  $\mu$ , односно релативниот отпор  $s_d$ , при што, со високи вредности на отпорот, за време на дифузија на водена пара во зимскиот период, доаѓа до кондензација на влагата во некој од слоевите во КСиНТИ, обично во последниот слој кон надвор и евентуално негово мрзнење, со неминовно пукање и отпаѓање на завршниот фасаден слој.
6. Опционално, аглите на фасадите, рабовите на прозорците, цоклињата и други делови на фасадата се зајакнуваат со агловни профили, кои истовремено ја олеснуваат работата на изведувачите и овозможуваат естетски прави и остри рабови. Меѓутоа, при изведба на оваа позиција не ретко се употребуваат профили од метал, идентични како оние за гипсарски работи. Металот има повисока вредност на коефициентот на топлинско издолжување во однос на малтерите во КСиНТИ и бидејќи од надворешна страна е изложен на големи температурни промени, при овие дилатирања задолжително се јавуваат пукнатини при врската на профилите со малтерот.

Во пракса има многу случаи на оштетувања на фасади по одреден период по нивното завршување, или во текот на самата изведба на КСиНТИ. Овие дефекти може да се мали, повеќе од естетска природа, но има и сериозни појави, кои ако не се санираат на време, може да предизвикаат непоправливи последици. Како крајно загрижувачка појава се случува и паѓање на фасадната изолација, било поедини делови, било комплетната фасада. И во сите овие случаи причина за тоа е некомпатибилноста и употреба на компоненти надвор од системот или неквалификувана работна рака или, во најтежок случај, и двете.

### Експандиран полистирен (ЕПС)



Слика 1.1.36: Пукнатини во финалниот фасаден малтер

Плоча од димензионално нестабилизиран (неодлежан) ЕПС, вградени со рамни рабови (на т.н. „прост судир“), поради температурни промени и контракција на ЕПС, се причина меѓу плочите да се формираат фуги. При дифузија на влага во зимскиот период, влагата низ фугите лесно доаѓа под надворешниот фасаден слој, каде што кондензира, мрзне и причинува пукање на фасадниот малтер. На **Слика 1.1.36** е дадена фасада изолирана со недоволно одлежан стиропор кој после 2-3 години, и покрај мал процент на контракција, но со големи сили на собирање, ја оштетил надворешната заштита од армиран малтер.

### Лепило

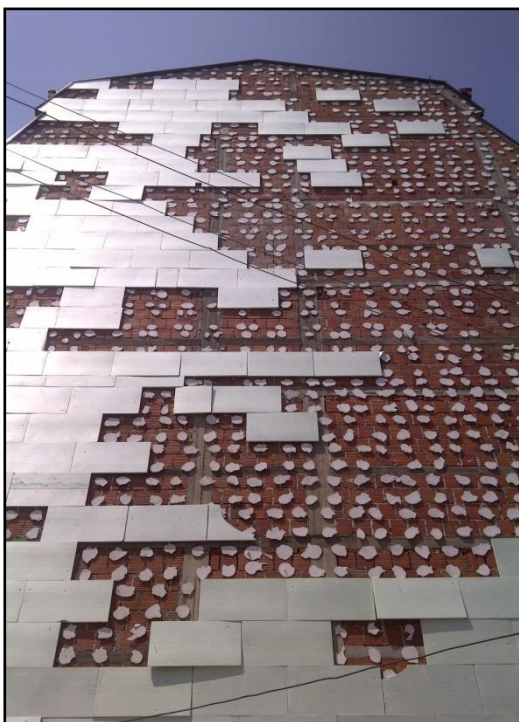
При дополнително изолирање на фасади на постоечки згради, на површините на кои ќе се лепат стиропор плочите, потребно е претходно да се направат тест-проби со проверка на адхезија на лепилото кон стариот фасаден малтер, бидејќи од зависноста на составот на фасадниот малтер може да се случи одлепување и паѓање на плочите. Ова најчесто се случува на стари фасади кои се финализирани со пластичен малтер или малтери со додатоци на пластика, кои беа многу популарни во осумдесеттите години на минатиот век (**Слика 1.1.37**).

Без оглед на квалитетот на подлогата, лепење на ЕПС со несоодветно лепило, коешто е надвор од системот КСиНТИ, и е нанесено со „мајсторска технологија“, без почитување на Европското упатство за шеми на лепење (**Слика 1.1.20**), исто така за последица има одлепување и отпаѓање на стиропор плочите (**Слика 1.1.38, лево**). како и падната стаклена мрежа монтирана врз стиропор без прв слој малтер (види Секција 1.1.6.1, 3. Армиран малтер).





**Слики 1.1.37: Отпаднати ЕПС-плочи поради некомпатибилност на лепилото и пластифициран малтер**



**Слики 1.1.38: Лепење на стиропор-плочи со несоодветно лепило нанесено според произволна шема (лево) и монтирање стаклена мрежа врз стиропор без прв слој малтер**  
(Извор: Т. Костадиновски)

На **Слика 1.1.38** на десна страна, долу, видливо е дека помеѓу армираниот малтер и стиропорот не постои никаков материјал, што значи дека арматурната мрежа е поставена директно врз стиропорот и дури потоа нанесен првиот слој малтер кој не можел да продре до стиропорот и да се залепи за него.

## Анкери

Во согласност со Европското упатство за КСиНТИ, дополнително прицврстување на ЕПС со анкери по неговото лепење се врши според одредени принципи и шеми (**Слика 1.1.20**). Во пракса многу ретко се почитува ова барање. На **Слика 1.1.39** при лепење на стиропорот направени се 2 грешки:

1. Фугите меѓу ЕПС плочите во два реда се поклопуваат, без да се почитува принципот на „сидарска врска“.
2. Недоволен број анкери поставени се без каква било логика.

Со еден збор, овде се работи за „иновативна мајсторска технологија“.

**Слика 1.1.40** прикажува последици по силен ветар поради точкасто лепење на ЕПС и несоодветни глави на анкери со мал дијаметар.



**Слика 1.1.39: Произволен број на анкери и произволна шема на анкерисување, како и недозволено совпаѓање на вертикалните фуги меѓу ЕПС-плочите**



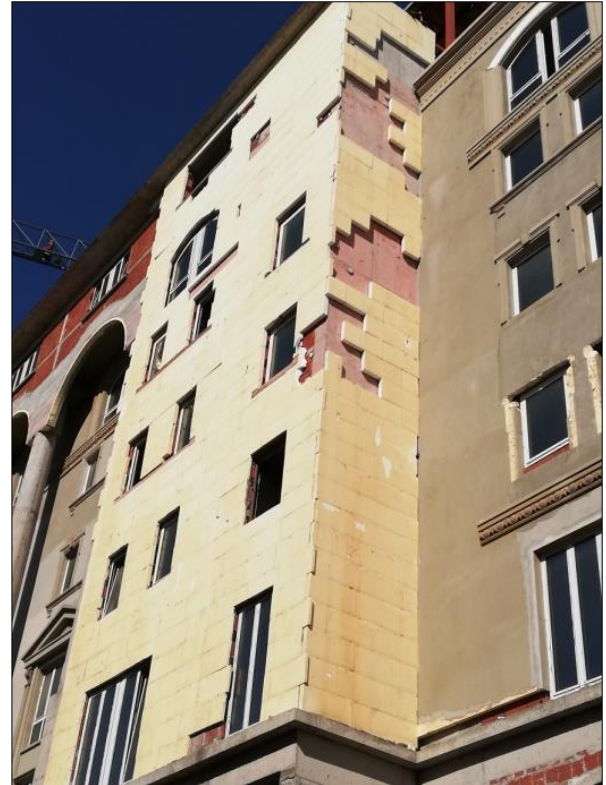
**Слика 1.1.40: Отпаднати плочи од ЕПС поради несоодветни анкери**  
(Извор: ТЕРАЗИТ)

## Ултравioletови зраци

Познато е дека ЕПС е чувствителен на подолготрајна изложеност на УВ-зрачење од сонцето. Доколку по лепење на плочите од ЕПС дојде до прекин на работа за изведба на КСиНТИ, незаштитениот ЕПС пожелтува под дејство на УВ-зраците што всушност е деструктивен процес. Што е подолг периодот на изложеност на зраците, толку подлабоко под површината на плочите се случува ронење. На ваква оштетена површина не смее да се нанесува првиот слој малтер и во зависност од степенот на оштетувањето, претходно мора да се интервенира со брусење на оштетениот дел, до цврста подлога. Во крајни случаи, потребно е целосно отстранување на оштетените плочи и лепење нови (**Слика 1.1.41**).

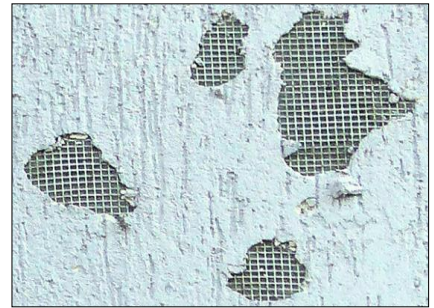


**Слика 1.1.41: Незаштитен стиропор пожелтен од дејство на УВ зраци**



### Арматурна мрежа

Има случаи на „мајсторска технологија“, каде што заради заштеда на материјал (малтер) и време, по лепење на ЕПС-плочите, мрежата се развива од горе до доле по целата височина на зградата, директно врз плочите ЕПС, за потоа врз нив да се нанесе малтерот, најчесто во еден слој (Слики 1.1.42). На овие примери е очигледно дека мрежата лежи директно врз стиропорот, а малтерот над неа нема никаков контакт со ЕПС.



**Слики 1.1.42: Арматурна мрежа поставена директно врз ЕПС оневозможува малтерот да се залепи на плочите**



### Претпремаз

По завршено нанесување на вториот (во одредени случаи и третиот) слој малтер и по негово сушење, задолжително е површината да се премачка со претпремаз (прајмер), заради обеспрашување и овозможување добар контакт со финалниот фасаден малтер, кој се наноси минимум 24 часа по сушењето на претпремазот. Занемарување на оваа операција за последица може да има лупење на фасадниот малтер од подлогата (Слика 1.1.43).

**Слика 1.1.43: Одлепување на финален фасаден малтер од армираниот малтер**

## Финален фасаден малтер



При употреба на финален фасаден малтер многу е важен избор на малтерот од аспект на неговиот фактор на отпор на дифузија,  $\mu$ , односно релативниот отпор  $s_d$ . Високи вредности на овие физички големини за време на зимската дифузија на водена параа го оневозможуваат нејзиниот излез во атмосферата, однатре параата врши притисок на фасадниот слој и бидејќи тој е во зона на ниски температури, параата кондензира, а при температури под  $0^\circ$  замрзнува (Слики 1.1.44).



Слики 1.1.44: Ефекти од притисок на дифузна влага под фасадниот слој

## Профили



Дополнителна опрема на КСиНТИ како што се профили за агли, цокли и сл. треба да бидат од материјал со мал коефициент на линеарно ширење поради големите годишни температурни осцилации на кои се изложени. Употреба на метални профили ствара фуѓи при врската со малтерот (Слика 1.1.45). Од тој аспект препорачливи се пластични профили.

Слика 1.1.45: Дилатација на метален профил

## Отпорност на финализиран КСиНТИ на надворешни механички повреди

Завршната фасадна облога на КСиНТИ треба да ги исполни барањата за отпорност на удар и на пенетрирање. Непочитување на ова барање за последица има, на пример, видливи естетски и функционални оштетувања на фасадите од атмосферската појава, град (Слики 1.1.46).



Слики 1.1.46: Ефекти од силен град

### Комплетна фасада КСиНТИ

Поединечни или збир од повеќе пропусти и грешки во поглед на составот на компонентите од кои се состои КСиНТИ и непочитување на упатствата за правилна изведба резултираат со крајно сериозни штети, кои не можат да се поправат, освен да се изведе нова фасада КСиНТИ. Уште посериозни последици се случуваат кога истовремено се совпаднаат повеќе грешки. На **Слики 1.1.47** се прикажани такви случаи, каде што поради повеќе грешки (апсолутно отсуство на мрежа за армирање на малтерот врз ЕПС-плочите, совпаѓање на фугите помеѓу плочите во два реда, проблематична атхезија на малтерот и ЕПС итн.) поради што фасадите паѓаат и она што останало треба да се санира.

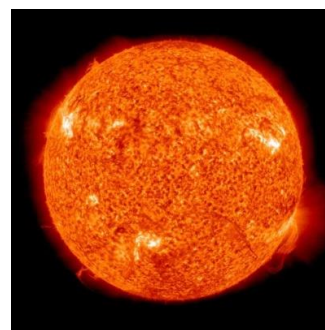


Слики 1.1.47: Фасади во фаза на распаѓање  
(Извор: ENVIROS, s.r.o. и ТЕРАЗИТ)

### 1.1.10 Сонце – гратис светлина и топлина

Од астрономска гледна точка нашето Сонце е една просечна ѕвезда меѓу многуте милијарди други ѕвезди во нашата галаксија Млечен пат. Планетата Земја и целиот жив свет на неа постојат благодарение на Сонцето, но истовремено тоа претставува неисцрпен извор на енергија. Сонцето претставува циновски реактор во кој перманентно се одвива нуклеарна фузија на водород во хелиум. Овој процес ќе трае сè додека постои самото Сонце, во наредните 5 милијарди години.

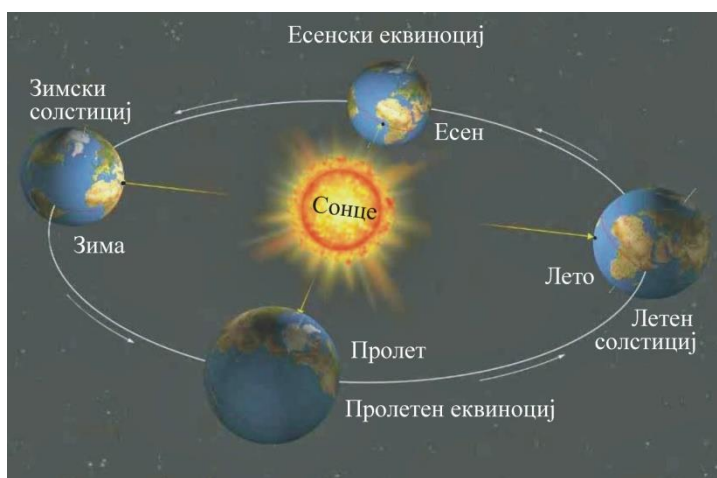
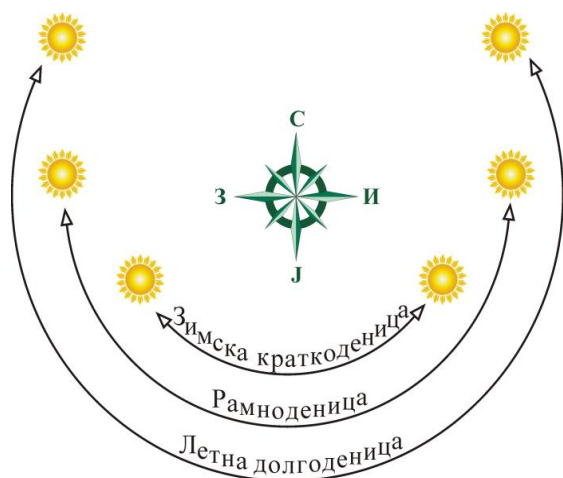
При процесот нуклеарна фузија, на сончевата површина се ослободува енергија од 66 милиони  $W/m^2$ , во форма на светлина и топлина. Но, само мал дел од оваа енергија доаѓа до нашата атмосфера.



Оваа фракција е т.н. “соларна константа“, чијашто вредност изнесува  $1.353 W/m^2$ . Меѓутоа, сончевата енергија пристигната до површината на Земјата е уште помала од соларната константа поради фактот што атмосферата апсорбира околу 15% и рефлектира назад во вселената уште 6% од сончевото зрачење. Затоа, вкупното сончево зрачење претставува само сума од директното и дифузното зрачење (Слика 1.1.48). Но, и покрај тоа, за време од 1 час на Земјата пристигнува поголемо количество сончева енергија отколку што целата популација на Земјата троши енергија за 1 година.

Слика 1.1.48: Влијание на атмосферата врз сончевото зрачење

Земјата се движи по елиптична патека (еклиптика) околу Сонцето кое се наоѓа во еден од фокусите на елипсата, па Земјата е поблиску до Сонцето (перихел) кога таа е на крајот на малата оска (зимски солстициј или краткоденица) и подалеку (афел), кога е на крајот на другата оска (летен солстициј или долгоденица) (Слики 1.1.49). Просечното растојание на Земјата од Сонцето е 149.600.000 km. Интензитетот на сончевото зрачење врз Земјата е обратно пропорционален со квадратот на растојанието од фокусот и тој варира од 3,5% во однос на просечната вредност од  $1.353 W/m^2$  што доаѓа до Земјата.



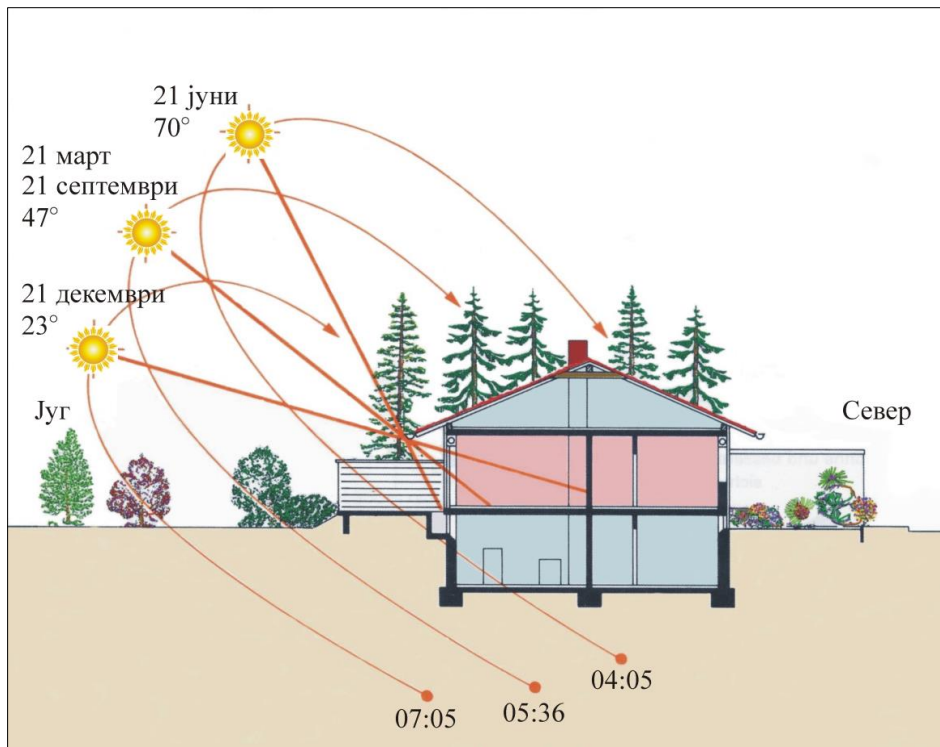
Слики 1.1.49: Соларни интервали (лево) и елиптична патека на Земјата околу Сонцето (десно)

Поради наклонот на оската на Земјата за 23,5 степени во однос на нормалата на рамнината во која се движи Земјата на својот пат околу Сонцето, бројот на часови на сончевата светлина секој ден варира во зависност од местоположбата на Земјата на овој пат (Слика 1.1.50) [7].

Зимската краткоденица на северната хемисфера се јавува околу 21 декември, кога сонцето на пладне е под прав агол на географска ширина 23,5 степени.

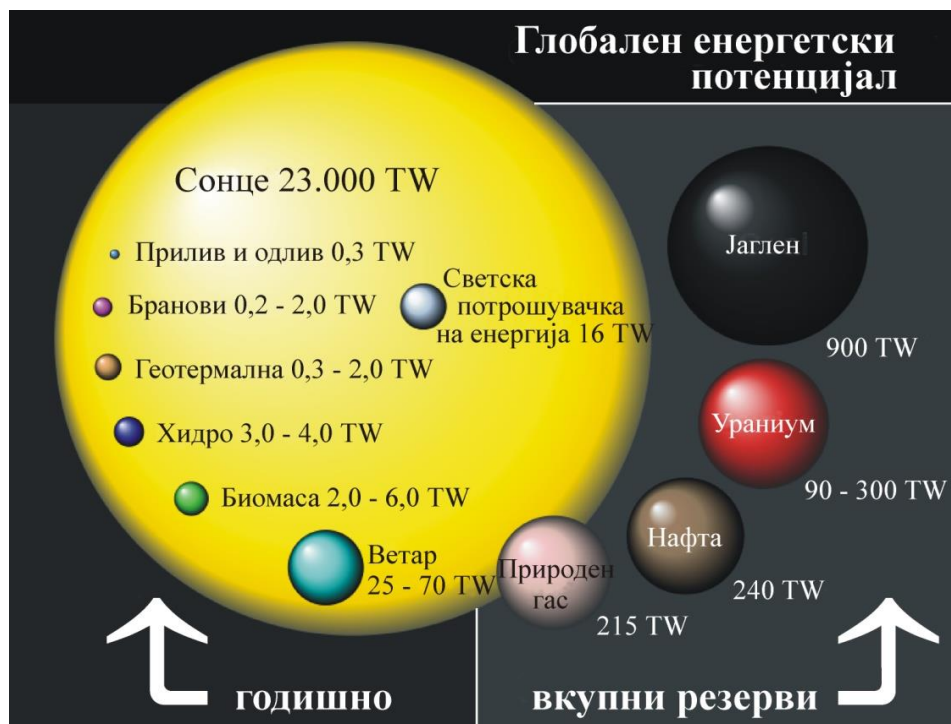
Летната долгоденица се случува околу 21 јуни, кога сонцето на пладне е под прав агол на северна географска ширина 23,5 степени.

Пролетната и есенската рамноденица (еквиноциј) се случуваат околу 21 март, односно 21 септември.



Слика 1.1.50: Инсолација на објект во зависност од годишното време  
(Цртеж: Николовски П. според [7])

Недостигот од енергија, ограничените и исцрпливите фосилни енергетски ресурси, генерално кажано енергетската криза, налагаат преориентација кон оптимално користење на обновливи извори на енергија (Слика 1.1.51).



Слика 1.1.51: Глобален енергетски потенцијал (Цртеж: Николовски П. според Global energy potential)

### 1.1.10.1 Пасивно користење на сончевата енергија

Во многу земји, а особено во Република Македонија, сонцето потенцијално претставува главен обновлив извор на енергија, која може да се користи во активна и во пасивна форма (Слика 1.1.52).



Слика 1.1.52: Сончев енергетски потенцијал во Република Северна Македонија

Главни ефекти од пасивното користење на сончевата енергија во зградите се намалени потреби од топлинска енергија и намалени потреби од вештачко електрично осветлување. Ова се постигнува со лоцирање на зградата на поволна јужна ориентација, преку транспарентните површини (прозорци, балконски врати, лантерни, натсветла, атриуми), соодветни конструктивни елементи во зградата, употреба на транспарентни топлинско-изолациски материјали, материјали со висока моќност на акумулација на топлина итн. Имено, за „главната“ страна на објектот треба да е резервирана јужната ориентација (180°), со максимални отстапувања на аголот од  $\pm 30^\circ$ . Прозорците дизајнирани за селективно пропуштање на сончевото зрачење (зима/лето), со јужна ориентација, треба да се со големи површини, за разлика од оние со југоисточна до северозападна ориентација, кои треба да ги задоволат само барањата за дневна светлина. Треба да се исклучат засенчувањата од кое било потекло во зимскиот период (вегетација, други објекти, балкони, стреи). Со

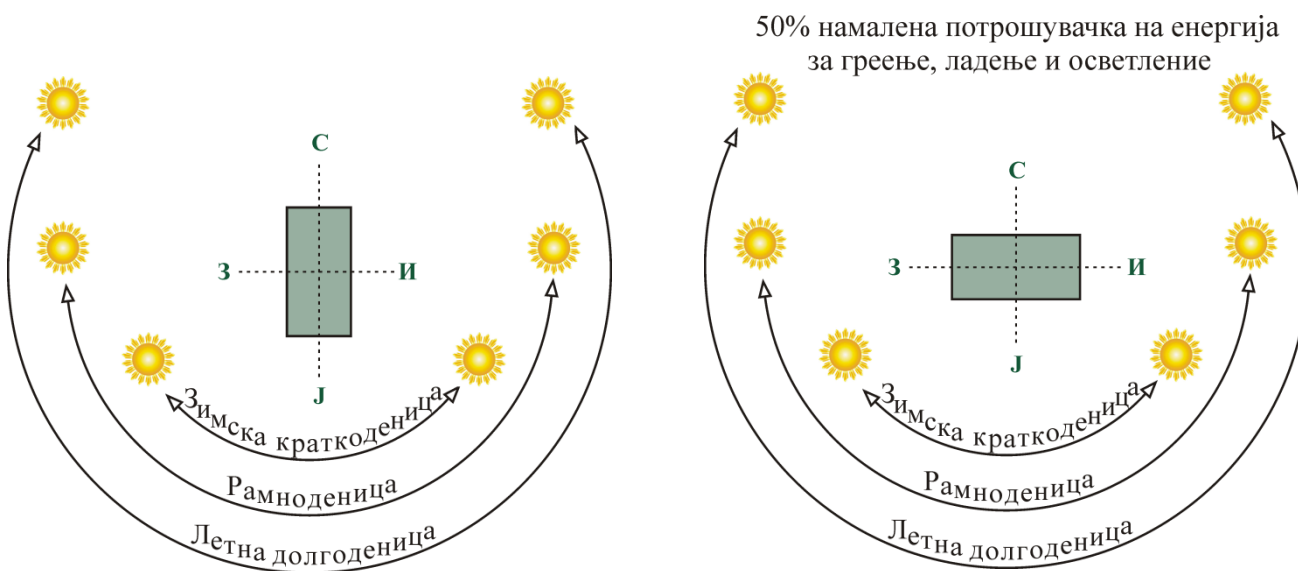
ваква ориентација се обезбедуваат предуслови за оптимално пасивно и активно користење на сончевата енергија.



Не треба да се заборава дека ваквото интензивно “отворање“ на зградата кон југ има и друга страна на “медалот“, а тоа е потреба за заштита од летното несакано прегрејување на внатрешноста, кое се постигнува со архитектонски мерки (сенки од балкони, стреи, натстрешници, ролетни или капаци на застаклените елементи итн.).

Јасно е дека количеството сончева енергија спроведена низ прозорците зависи од нивната ориентација во однос на страните на светот. На северната хемисфера, во летниот период, низ прозорците со ориентација од североисток до северозапад минува малку сончева енергија. Прозорците со јужна ориентација во зима се повеќе изложени на сонце, за разлика од лете, кога поради поголемиот напад на сончевите зраци во однос на хоризонтот, низ прозорците минува помалку зрачење. Прозорците со западна и источна ориентација преку цела година се изложени на сонце. Особено западно ориентираните прозорци ја имаат таа неповолност што изложеноста на сончевото зрачење се случува кон крајот на денот, кога и другите градежни конструкции (сидови, покриви) ја акумулирале сончевата топлина во текот на денот и почнуваат да ја емитираат кон внатрешноста, токму во периодот кој е наменет за одмор и сон на луѓето (ако се работи за станбени објекти).

Според проф. Норберт Лехнер (*Norbert Lechner*) [8], [9] зграда со правоаголна основа, поставена со подолгата страна во правец запад - исток, т.е. подолгата страна ориентирана кон југ (Слика 1.1.53 десно), за резултат има околу 50% намалена потрошувачка на енергија за греење, ладење и осветление, во споредба со иста таква зграда, но со ориентација на подолгата страна кон оската север – југ (Слика 1.1.54 лево).



Слика 1.1.53: Лево, ориентација исток – запад, десно ориентација север – југ

(Цртеж: Николовски П. според Lechner N.)

При соларно проектирање и пристап и продор на сончевите зраци во внатрешни простори неопходно е познавање на упадните агли на сонцето. Различните фасади на згради добиваат различни количини светлина во зависност од нивната ориентација, од годишната сезона и време во денот. За правилно користење на сонцето, конструкциите на зградата мора да се простудираат од овој аспект.

### 1.1.10.2 Активно користење на сончевата енергија

За активното користење потребна е техничка инсталација и опрема (соларни панели за добивање санитарна топла вода и фотонапонски панели за добивање електрична енергија).

### 1.1.11 Економски аспекти на мерките сврзани со енергетските перформанси на зградите

Во Директива 2010/31/ЕУ на Европскиот парламент, меѓу другото, пишува дека компаративна рамка на методологија за дефинирање на нивото на оптимални расходи во врска со барањата за енергетски перформанси на зградите овозможува да се дефинираат енергетските перформанси на зградите и економските аспекти на мерките сврзани со енергетските перформанси да се усогласат со нивото на оптимални расходи. Значи, акцент се става на економско оправдани енергетски интервенции на нови и на постоечки згради.

Според ова барање, во новиот македонски Правилник за енергетски карактеристики на згради, покрај исполнување на строгите критериуми, треба да се задоволат и барањата за економска оправданост на нивото на заштеда на енергија за греење. За зграда која што е новogradба или е



предмет на енергетска рехабилитација, претходно треба да се анализира кои градежни конструкции се застапени со процентуално најголеми површини. На **Слика 1.1.54** е прикажан комплекс од 3 станбени згради во Скопје, типични за актуелната градба, а во **Табела 1.1.2** е анализа на конструкции од обвивката на зградите, со процентуална застапеност, проектираните вредности  $U$  и топлинските загуби.

**Слика 1.1.54:** Комплекс згради во Општина Аеродром во Скопје  
(Извор: „Адора инженеринг“)

**Табела 1.1.2:** Процентуална застапеност на надворешните градежни конструкции

Конструкции од обвивката на зградата	Површина $m^2$		$U$ $W/(m^2 \cdot K)$	Топлински загуби $W/K$	
	%	Вредност		%	Вредност
Надворешен ѕид со КСиНТИ	57,5%	2.604,00	0,25	39,8%	651,00
Надворешен вентилиран кос ѕид	0,5%	20,30	0,26	0,3%	5,28
Застаклени отвори	19,5%	882,72	0,83	44,7%	732,66
Други конструкции	22,5%	1.018,50	0,25	15,2%	248,44
Вкупно:	100,0%	4.525,52	-	100,0%	1.637,38

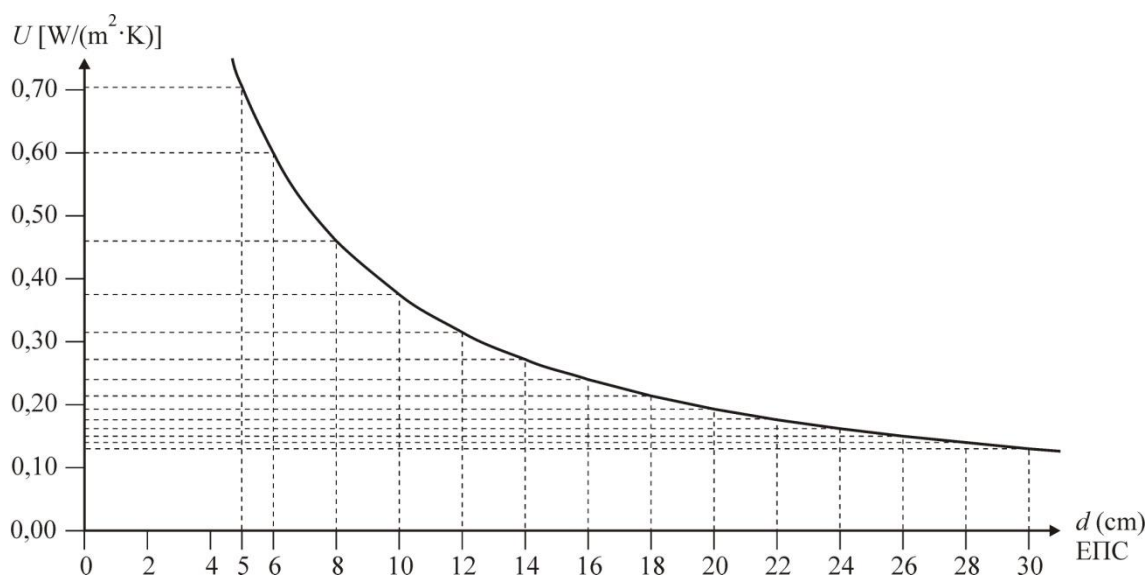
**Табела 1.1.3:** Споредба на вредностите  $U$  на надворешните градежни конструкции на зградата со барањата во Правилникот 2013

Конструкции од обвивката на зградата	Барање во Правилникот	$U$ $W/(m^2 \cdot K)$	Подобрени вредности %
Надворешен ѕид со КСиНТИ	0,35	0,25	<b>40,0%</b>
Надворешен вентилиран кос ѕид	0,35	0,26	<b>34,6%</b>
Застаклени отвори	1,70	0,83	<b>100,5%</b>

За намалување на вкупните топлински загуби најповеќе придонесува изборот на градежните конструкции од обвивката на зградата, кои процентуално имаат најголеми површини (надворешни ѕидови 57,5% + 0,5% и застаклени отвори 19,5%) (Табела 1.1.2) и со процентуално најдобри вредности на коефициентите  $U$  за 40% односно 100,5% во однос на барањата од Правилникот 2013 (Табела 1.1.3).

#### 1.1.11.1 Оптимална дебелина на изолација со стиропор во КСиНТИ

Во согласност со барањата за економска оправданост на нивото на заштеда на енергија за греење, во основниот проект за трите згради прво е направена анализа на ефектите од зголемување на дебелината на изолациониот материјал (стиропор) врз зголемување на топлинскиот отпор, односно врз намалување на вредноста на коефициентот  $U$ . Од Слика 1.1.55 е видно дека намалувањето на вредноста  $U$  не е линеарно, односно, со константното линерано зголемување на дебелината на стиропорот, темпото на намалување на вредноста  $U$  е забавено.



Слика 1.1.55: Вредност  $U$  во функција од дебелината на ЕПС

Во натамошна анализа се вклучени македонските фактори (клима, цени на градежни материјали, економска моќ итн.) за задоволување на барањата за реална економска оправданост на нивото на заштеда на енергија за греење (Табела 1.1.4 и Табела 1.1.5).

Табела 1.1.4: Анализа на цените на компонентите на КСиНТИ со изолација со стиропор

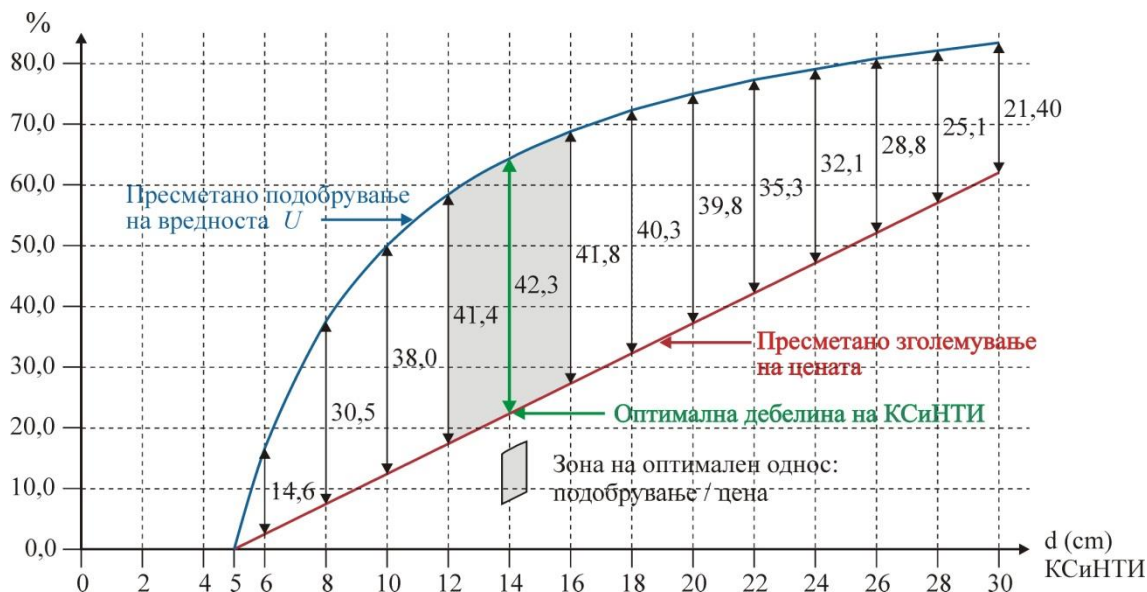
Материјал	Единечна мерка	Количество	Единечна цена		Вкупно материјали без стиропор				
			ден.	€	ден/ $m^2$	€/m $^2$			
1	Лепило	kg	5,00	26,90	0,44	134,50	2,19	Вкупно материјали со стиропор	
2	Малтер	kg	5,00	32,00	0,52	160,00	2,60		
3	Мрежа	m $^2$	1,10	46,04	0,75	50,64	0,82		
4	Претпремаз	kg	0,10	125,00	2,03	12,50	0,20		
5	Силикатен малтер	kg	2,15	84,56	1,37	181,80	2,96		
6	Анкери	парче	7,00	23,28	0,38	162,96	2,65		
7	Агловни профили	m $^1$	1,00	39,30	0,64	39,30	0,64		
8	Прозорски профили	m $^1$	1,00	115,16	1,87	115,16	1,87		
Вкупно:						856,87	13,93	ден/m $^2$	€/m $^2$

9	Стиропор 5 cm	m <sup>2</sup>	1,06	195,00	3,17	206,70	3,36	1.064	17,30
	Стиропор 6 cm	m <sup>2</sup>	1,06	234,00	3,80	248,04	4,03	1.105	18,00
	Стиропор 8 cm	m <sup>2</sup>	1,06	312,00	5,07	330,72	5,38	1.188	19,30
	Стиропор 10 cm	m <sup>2</sup>	1,06	390,00	6,34	413,40	6,72	1.270	20,75
	Стиропор 12 cm	m <sup>2</sup>	1,06	468,00	7,61	496,08	8,07	1.353	22,00
	Стиропор 14 cm	m <sup>2</sup>	1,06	546,00	8,88	578,76	9,41	1.436	23,30
	Цените во анализата се средни вредности земени од неколку произведувачи во Р.С.М								

**Табела 1.1.5: Односот на вкупната цена на готов КСиНТИ (без работна рака) и постигнатите изолациски ефекти**

Изолациски материјал стиропор <i>d</i> cm	Изолациски ефекти			Цена на сите компоненти во системот	Цена за скела	Вкупна цена на системот КСиНТИ		Зголемување на вкупната цена на КСиНТИ	
	<i>R</i> (m <sup>2</sup> K)/W	<i>U</i> W/(m <sup>2</sup> K)	%	ден/m <sup>2</sup>	ден/m <sup>2</sup>	ден/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€	%
Стиропор 5 cm	1,25	0,704	<b>0,0</b>	1.064	600	1.664	27,1	0,0	<b>0</b>
Стиропор 6 cm	1,50	0,599	<b>16,6</b>	1.105	600	1.705	27,7	0,6	<b>2</b>
Стиропор 8 cm	2,00	0,461	<b>37,5</b>	1.188	600	1.788	29,1	2,0	<b>7</b>
Стиропор 10 cm	2,50	0,375	<b>50,0</b>	1.270	600	1.870	30,4	3,3	<b>12</b>
Стиропор 12 cm	3,00	0,315	<b>58,4</b>	1.353	600	1.953	31,8	4,7	<b>17</b>
Стиропор 14 cm	3,50	0,272	<b>64,3</b>	1.436	600	2.036	33,1	6,0	<b>22</b>
Стиропор 16 cm	4,00	0,240	<b>68,8</b>	1.519	600	2.119	34,5	7,4	<b>27</b>
Стиропор 18 cm	4,50	0,214	<b>72,3</b>	1.602	600	2.202	35,8	8,7	<b>32</b>
Стиропор 20 cm	5,00	0,193	<b>75,0</b>	1.685	600	2.285	37,2	10,1	<b>37</b>
Стиропор 22 cm	5,50	0,176	<b>77,3</b>	1.768	600	2.368	38,5	11,4	<b>42</b>
Стиропор 24 cm	6,00	0,162	<b>79,1</b>	1.851	600	2.451	39,9	12,8	<b>47</b>
Стиропор 26 cm	6,50	0,150	<b>80,8</b>	1.934	600	2.534	41,2	14,1	<b>52</b>
Стиропор 28 cm	7,00	0,139	<b>82,1</b>	2.017	600	2.617	42,6	15,5	<b>57</b>
Стиропор 30 cm	7,50	0,130	<b>83,4</b>	2.100	600	2.700	43,9	16,8	<b>62</b>

Врз база на вклучените цени на материјалите од Табела 1.1.4, во Табела 1.1.5 во проценти се пресметани цени на чинење за 1 m<sup>2</sup> фасадна изолација, без работна рака. Овие резултати графички се прикажани на Слика 1.1.56.

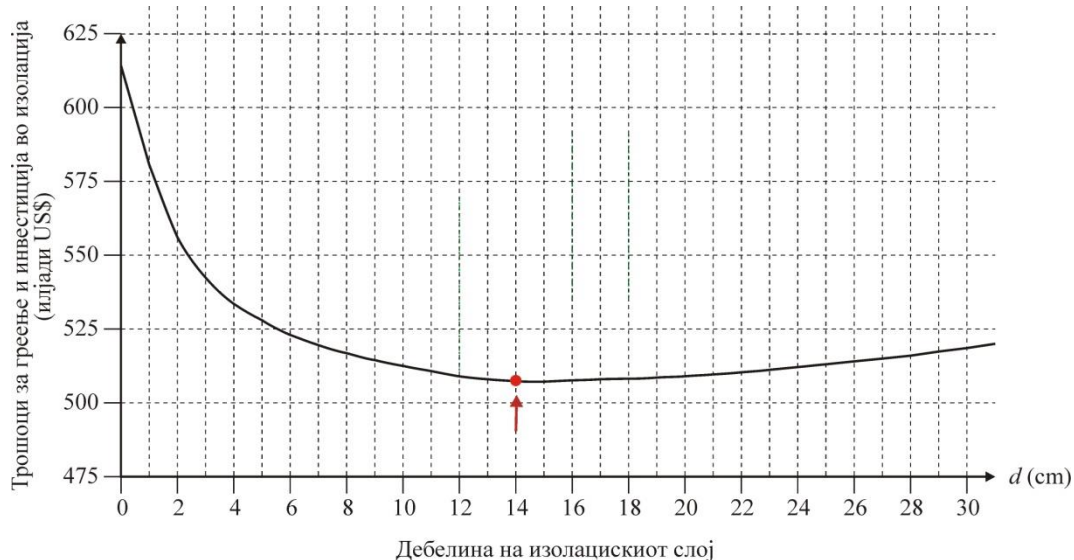


Слика 1.1.56: Изолациски ефекти во функција од зголемување на цените

### 1.1.11.2 Проект за санација на градинка „Срничка“ во населбата Аеродром во Скопје

Во рамките на проектот на *UNDP ENVIROS, s.r.o., Czech Republic: „ENERGY EFFICIENCY IN PUBLIC BUILDINGS – GUIDELINE FOR ENERGY EFFICIENCY RETROFITS” (November, 2011) [29]*, при енергетска санација на градинката „Срничка“ во населбата Аеродром во Скопје, а врз база на претходна анализа (*P. Nikolovski: Review of the building sector in the Republic of Macedonia, 2011) [30]*, за санација на надворешните фасадни ѕидови со КСиНТИ, енергетска санација на кровот и замена на постоечките прозорци со нови високоефикасни, пресметани се трошоците за изведба на изолациите и трошоците за греење. За животниот век од 30 години, при цена на енергија 44 US\$ / GJ или 0,16 US\$ / kWh, кривата на ефектите од изолацијата го има својот врв при дебелина на ЕПС 14 cm, што воедно е и оптималната дебелина на изолацијата (Слика 1.1.57).

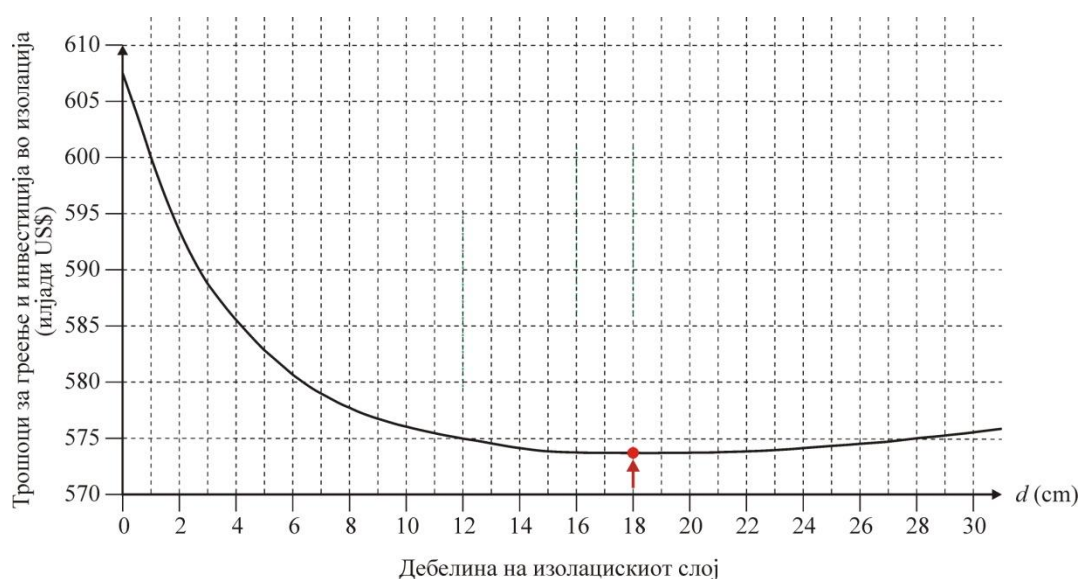
### Реконструкција и изолација на фасадни ѕидови со КСиНТИ



Слика 1.1.57: Оптимална цена на чинење на енергетска санација на фасадни ѕидови со КСиНТИ

**Табела 1.1.6: Цена на чинење на енергетската санација и поврат на инвестицијата**

Градежна конструкција	Површина	Вкупни трошоци	Проценети енергетски заштеди	Заштеда на годишни трошоци	Период на поврат на трошоци
	m <sup>2</sup>	US\$	kWh / год.	US\$ / год.	Години
Сид од полна тула изолиран со КСиНТИ со ЕПС 14 cm	478	40.926	40.908	6.300	6,5

**Реконструкција на дрвена кровна конструкција и изолација со минерална волна**

**Слика 1.1.58: Оптимална цена на чинење на енергетска санација на кровот со минерална волна**
**Табела 1.1.7: Цена на чинење на енергетската санација и поврат на инвестицијата**

Градежна конструкција	Површина	Вкупни трошоци	Проценети енергетски заштеди	Заштеда на годишни трошоци	Период на поврат на трошоци
	m <sup>2</sup>	US\$	kWh / год.	US\$ / год.	Години
Таванска и кровна конструкција изолирани со минерална волна 20 cm	681	54.374	18.857	3.000	18,1

**Замена на дрвени прозорци и балконски врати**

Сите стари прозорци и балконски врати со проценета средна вредност на  $U = 3,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  се заменети со современи повеќекоморни рамки и стаклопакети со две стакла и исполна со гас аргон. Во пресметките за оптимална цена на чинење вклучени се средни вредности на цените од двајца реномирани испорачатели.

Табела 1.1.8: Цена на чинење на енергетската санација и поврат на инвестицијата

Градежна конструкција	Површина	Вкупни трошоци	Проценети енергетски заштеди	Заштеда на годишни трошоци	Период на поврат на трошоци
	m <sup>2</sup>	US\$	kWh / год.	US\$ / год.	Години
Прозорци и балконски врати со двојно застаклување и исполна со гас аргон: $U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ - стаклопакет $U_f = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ - рамка $U_w = 1,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ - комплет прозорец	179	35.107	13.175	2.100	23,9

**Референци**

- [1] <http://www.skepticalscience.com/human-co2-smaller-than-natural-emissions.htm>
- [2] Википедија: Протокол од Кјото
- [3] United Nations Framework Convention on Climate Change: The Paris Agreement | UNFCCC
- [4] Council Directive 2002/91/EC on the Energy Performance of Buildings - EPBD
- [5] DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL (of 19 May 2010) on the Energy performance of buildings (recast)
- [6] Internet: Global energy potential
- [7] HANDBUCH NIEDRIGENERGIEHAUS 2. Ausgabe – Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung – HEA – e. V.
- [8] Prof. Norbert Lechner: HEATING, COOLING, LIGHTING: SUSTAINABLE DESIGN METHODS FOR ARCHITECTS
- [9] THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS: THE CARBON NEUTRAL DESIGN PROJECT  
The Society of Building Science Educators: DISEÑO DE PROYECTOS NEUTROS EN EMISIONES DE CARBONO



---

# КЛИМАТСКИ НЕУТРАЛЕН ПРИРАЧНИК