Organizacija građenja pasivne kuće

Tomašek, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

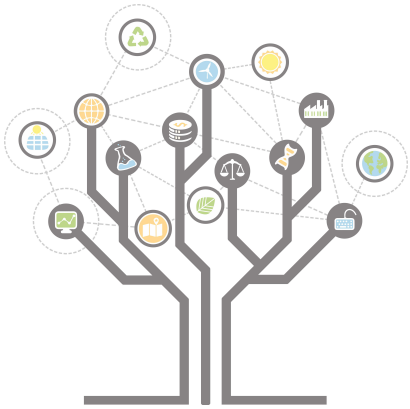
2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:625526

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Organizacija građenja pasivne kuće

Tomašek, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:625526

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-04**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

MARKO TOMAŠEK

ORGANIZACIJA GRAĐENJA PASIVNE KUĆE

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

ORGANIZACIJA GRAĐENJA PASIVNE KUĆE

KANDIDAT:
MARKO TOMAŠEK

MENTOR:
dipl.ing.građ. MIRNA AMADORI

VARAŽDIN, 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: MARKO TOMAŠEK

Matični broj: 2377 - 2013./2014.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

ORGANIZACIJA GRAĐENJA PASIVNE KUĆE

Rad treba sadržati:
1. Uvod
2. Povijest pasivnih kuća
3. Pasivna i niskoenergetska gradnja
4. Elementi projektiranja i gradnje pasivne kuće
5. Faze projektiranja pasivne kuće
6. Izgradnja pasivne kuće
7. Troškovi izgradnje
8. Zaključak
9. Literatura
10. Popis slika
11. Popis tablica

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 19.04.2017. Rok predaje: 30.06.2017.

Mentor:

Mirna Amadori, pred.

REPUBLIKA HRVATSKA - GEOTEHNIČKI FAKULTET - SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - VARAŽDIN

Predsjednik Odbora za nastavu:

Doc.dr.sc. Igor Petrović

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

ORGANIZACIJA GRAĐENJA PASIVNE KUĆE

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **dipl.ing.građ. Mirne Amadori.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 27. 6. 2017.

MARKO TOMAŠEK

(Ime i prezime)

Marko Tomašek

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

Osnovni cilj ovog završnog rada je pokazati kojim se elementima, kroz organizaciju građenja može izgraditi pasivna kuća. Korištenjem suvremenih tehnologija izgradnja pasivnih kuća u današnje vrijeme povećava ekološku i energetsku učinkovitost. Ekološka svijest dovela je do ideje stvaranja prvih pasivnih kuća, koje su se kroz povijest počele graditi početkom devedesetih godina prošlog stoljeća. U ovom radu prikazani su najvažniji faktori koje moramo uzeti u obzir prilikom prvih faza izgradnje pasivne kuće . Da bi postigli izgradnju pasivne kuće trebamo se držati osnovnih elemenata projektiranja i gradnje pasivne kuće koje su navedene u ovom radu. Pridržavajući se ovih osnovnih pravila i koristeći suvremenu tehnologiju i uređaje moguće je zadovoljiti sve zahtjeve za izgradnju pasivne kuće. Prilikom projektiranja kuće treba uzeti u obzir, da kuća mora biti orijentirana prema jugu kako bi iskoristili maksimalan kapacitet Sunčevog zračenja, a na sjeveru prozori moraju biti što manji da spriječimo toplinske gubitke . Radi specifičnog koncepta gradnje pasivne kuće su takve kuće u kojima se bez aktivnog sustava grijanja ili klimatizacije postiže ugodna temperatura prostora i u ljetnom i u zimskom periodu godine. Izrazito je važno istaknuti da pasivna kuća sama stvara energiju za grijanje odnosno hlađenje. Cilj gradnje pasivne kuće je smanjiti troškove korištenja energije uz povećanje udobnosti stanovanja.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, pasivna kuća, Sunčevo zračenje, toplinski gubici.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

2. POVIJEST PASIVNIH KUĆA 2

3. PASIVNA I NISKOENERGETSKA GRADNJA 4

4. ELEMENTI PROJEKTIRANJA I GRADNJE PASIVNE KUĆE 6

4.1 Oblik kuće 6

4.2.Orijentacija pasivne kuće 9

4.3.Vegetacija u okolici 10

4.4.Veličina i smještaj prozora i vrata 10

4.5. Toplinska hijerarhija prostora 14

4.6. Spremanje sunčeve energije 15

5. FAZE PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE 17

5.1. Koncipiranje 18

5.2. Definiranje 19

5.3. Izvođenje 19

5.4. Uporaba i održavanje građevine 20

5.5. Rušenje 21

6. IZGRADNJA PASIVNE KUĆE 22

6.1. Konstruiranje bez toplinskih mostova 22

6.2. Izolacija 23

6.3. Nepropusnost zraka 24

6.4. Ventilacija 25

6.5. Toplinska crpka 26

6.6. Rasvjeta i električni uređaji 27

7. TROŠKOVI IZGRADNJE 28

8. ZAKLJUČAK 30

9. LITERATURA 31

10. POPIS SLIKA 32

11. POPIS TABLICA 34

1. UVOD

Pasivna kuća je objekt u kojem se zahvaljujući načelima pasivne gradnje i primjeni načela energetske učinkovitosti postiže ugodna atmosfera bez zasebnog sustava grijanja i klimatizacije. Maksimalna potrošnja energije pasivne kuće uz zadovoljenje primarnih energetskih potreba uključujući toplu vodu i struju, ne bi trebala godišnje prelaziti 20 kWh/m^2. Znači pasivna kuća je kuća koja godišnje troši maksimalno 15 kWh/m^2 energije za grijanje.

Kod pasivne kuće izrazito je bitna energetska učinkovitost što znači uporabiti manju količine energije (energenata) za obavljanje istog posla (grijanje ili hlađenje prostora, rasvjetu, proizvodnju raznih proizvoda, i dr.). Energetsku učinkovitost nikako ne smijemo promatrati kao štednju energije. Naime, štednja uvijek podrazumijeva odricanja, dok učinkovita uporaba energije nikada ne narušava uvjete rada i življenja.

Pasivna kuća postaje smjernica suvremenog energetskog standarda arhitekture i građenja, ne samo stambene namjene, a zadovoljava sve ekološke zahtjeve i omogućava izvedbe zbog vrlo male dodatne početne investicije i brze isplativosti obzirom na razvoj tehnologije, nezaustavljivi porast cijene energije iz konvencionalnih izvora i poticajnog financiranja i promicanja takve gradnje. Ekonomska vrijednost se kontinuirano analizira za novogradnju i obnovu, a u potpunosti je investicijski pristupačna i isplativa. Zdrave karakteristike zatvorenih prostora, postignuta toplinska, svjetlosna i akustična udobnost je na najvišoj razini u povijesti arhitekture (Slika 1).



Slika 1. Pasivna kuća u Varaždinu, Ulica Ante Starčevića,18

2. POVIJEST PASIVNIH KUĆA

Osnovni principi pasivne sunčane arhitekture su primjenjivani tisućama godinama u različitim kulturama, te je bitan element u izgradnji imala: orijentacija zgrade, dobitci insolacije Sunčeve energije, toplinska akumulacijska masa zidova, prirodna ventilacija zgrada. Sunce i Sunčevo zračenje je uvijek imalo bitan značaj u životu ljudi dok je Sunčeva energija u što većoj mjeri korištena.

U rimskim kućama napravljena je inovacija s upotrebom ostakljenih prozora koji su zadržavali toplinu unutar prostorija te je tako razvijen rimski heliocaminus ili sunčana peć u kojoj se koncentrirala Sunčeva energija. Koncepti su primijenjeni kod izgradnje kuća visokog staleža dok na razini gradova nisu primijenjeni sunčani principi orijentacije zgrada kao u Grčkoj. Tako rimski arhitekt Vitruvius piše: "Zgrade se moraju posve zatvoriti prema sjeveru dok se glavne prostorije moraju smjestiti prema jugu."

Njemački arhitekt George Fred Keck u SAD i počeo je projektirati kuće koje su imale puno više prozora na južnoj fasadi u odnosu na klasične kuće tadašnjeg vremena. Tako je 1940. za investitora Howarda Sloana u Illinoisu, SAD projektirao kuću koja je nazvana solarna kuća budućnosti dok je Sloan kasnije izgradio niz sličnih kuća koje su kao posljedicu imale izgradnju većeg broja sunčanih kuća u 1940-tima u SAD-u. Kuća je imala južne prozore za hvatanje i akumulaciju Sunčeve energije, minimalne otvore na istoku i zapadu te su na sjeveru bile pomoćne prostorije koje su dodatno izolirale zone boravka na jugu .

1948. godine američki arhitekt Arthur Brown razrađuje projekt Rose Elementary School škole koja se grijala 86% pomoću Sunčeve energije. Škola se koristila od 09:00 do 15:00 kada je insolacija Sunca sasvim dovoljna da se osiguraju sve toplinske potrebe zgrade. Cijela površina krova se koristila kao veliki sunčani toplinski zračni pretvornik koji je grijao zrak u kanalima.

Topli zrak se kanalima distribuirao u zgradu prema potrebi, a 1958. godine je nakon rekonstrukcije cijela škola spojena na plinsku mrežu. Slični staklenici se i danas koriste u ventilacijskim sustavima kod odstranjivanja otpadnog zraka prije ulaska u klima komore i povrata topline preko rekuperatora.

1990. godine u Darmstadtu se izgrađuje zgrada koja je dosta slična pasivnim kućama dok ova na krovu ima postavljene fotonaponske pretvornike, a energija se akumulira u spremnicima vodika odnosno skladišti se u kemijskoj energiji vodika (Slika 2) [1].



Slika 2. Pasivna kuća u Darmstadtu, Njemačka

3. PASIVNA I NISKOENERGETSKA GRADNJA

Zbog velike potrošnje energije u zgradama i kućama, zagađivanja okoliša, ali i velikog potencijala uštede, pasivna i nisko energetska gradnja budućnost je suvremene arhitekture, ali i garancija naše održive budućnosti.

Hrvatska je danas suočena s tri velika problema vezano uz energiju:

- nedostatak energije i nesigurnost u opskrbi energijom;
- stalan rast cijena energije i energenata, te stalan rast potrošnje kako toplinske energije za grijanje, tako i energije za hlađenje, posebno masovnim uvođenjem klimatizacije u zgrade;
- zagađenje okoliša i klimatske promjene zbog ispuštanja CO_2 u atmosferu te prevelike i neracionalne potrošnje energije.

Nisko energetska gradnja, a u vrlo bliskoj budućnosti i pasivna, temelj je održive gradnje tijekom cijelog životnog vijeka, započevši korištenjem građevinskog materijala čija proizvodnja ne zagađuje okoliš, do energetske učinkovitosti te racionalno trošenje energije pa sve do pravilnog gospodarenja otpadom. Nisko energetske i pasivne kuće, osim što potpomažu očuvanju okoliša, pružaju vrlo visok komfor stanovanja, ugodnu temperaturu tijekom cijele godine bez klasičnog sustava grijanja i hlađenja sa jako malom potrošnjom energije što omogućuje jako male troškove i znatnu uštedu.

Nisko energetska kuća ima maksimalnu godišnju potrošnju toplinske energije 30-40 kWh/m^2. Ovdje spada pasivna kuća, koja ide korak naprijed, čija je godišnja potreba za toplinom toliko smanjena da više nema potrebe za aktivnim sustavom grijanja. Kod pasivne kuće ukupna godišnja potreba za toplinskom energijom svedena je na ispod 15 kWh/m^2. Ukupna energija koja se koristi u pasivnoj kući najčešće je 2,5 puta manja od energije za nisko energetsku kuću, a deset i više puta manja od prosječne potrošnje energije u zgradama [2].

Glavna ideja pasivne gradnje je korištenje sunčeve energije za grijanje kuće u zimskom razdoblju i sprječavanje upada sunčevog zračenja u ljetnom razdoblju kako bi se smanjila potreba za hlađenjem i to sve uz dobro izolirane otvore i zidove. Ulaganje koje se inače koristi za grijanje prostora ovdje se koristi za više izolacije, bolje prozore i ventilaciju Kako bismo osigurali da kuća ima minimalne toplinske gubitke tj. da postigne nisko energetski ili pasivni standard potrebno je adekvatno izolirati zidove, krov i podrum te ugraditi prozore i vrata sa što manjim koeficijentom prolaza topline.

3.1. Načela gradnje pasivne kuće

Osnovna pravila pri projektiranju pasivnih kuća:

- Projektirajte kuće tako da je većina dnevnih prostora locirana na jednoj strani kuće, pri čemu su prozori u tim prostorijama najveći.
- Strana kuće koja ima najviše staklenih površina trebala bi biti orijentirana prema jugu kako bi maksimalno iskoristili sunčevo zračenje, dok na sjevernoj strani prozori trebaju biti manji kako bi spriječili toplinske gubitke. Na sjevernoj strani kuće treba smjestiti kuhinje, hodnike, spavaće sobe, kupaone i ostave.
- U zimskom periodu sunčevu energiju pored grijanja koristimo i za prirodnu rasvjetu.
- Zimski vrt na južnoj strani kuće pomaže pri iskorištavanju sunčeve energije.
- Toplina akumulirana u zidovima tijekom dana zrači u prostor tijekom noći.
- Vegetacija posađena na sjevernoj strani kuće osigurava zaklon od hladnih sjevernih vjetrova.
- Fasada treba biti svjetlijih boja s reflektirajućom površinom. U ljetnom periodu lišće na drveću ili sjenila blokiraju sunčevo zračenje.
- Ventilirajte kuću tijekom noći kad je vanjska temperatura niža. Vanjska strujanja zraka pomažu pri hlađenju kuće i dovodu svježeg zraka. Za višekatnice se može koristiti efekt uzgona zbog činjenice da se topli zrak uzdiže, a hladni zrak pada.
- Koristite rolete ili sjenila na prozorima. U zimskom periodu rolete i zavjese treba koristiti u noćnom periodu kako bi spriječili gubitke topline iz kuće [2].

4. ELEMENTI PROJEKTIRANJA I GRADNJE PASIVNE KUĆE

Prilikom projektiranja i gradnje pasivne kuće treba uzeti u obzir sljedeće elemente projektiranja :

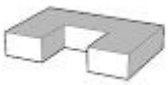
- Oblik kuće
- Orijentacija prema stranama svijeta
- Vegetacija u okolici
- Lokacija
- Veličina i smještaj prozora i vrata
- Raspored prostorija
- Zaštita od sunca

Sve nabrojene elemente treba uzeti u obzir prilikom projektiranja i gradnje pasivne kuće, pa je sasvim jasno da to mogu činiti samo školovani stručnjaci. Kod izgradnje pasivne kuće treba uzeti u obzir da objekt bude kompaktan prema svome obliku i da se izbjegavaju složene konstrukcije, te da se koristi odgovarajuća izolacija da se spriječe toplinski mostovi. Projektiranje pasivne kuće značajno se razlikuje u odnosu na klasičnu. Zato treba poznavati osnovne principe gradnje pasivne kuće i znati ih adekvatno primijeniti s obzirom na lokaciju kuće koja se planira graditi [3].

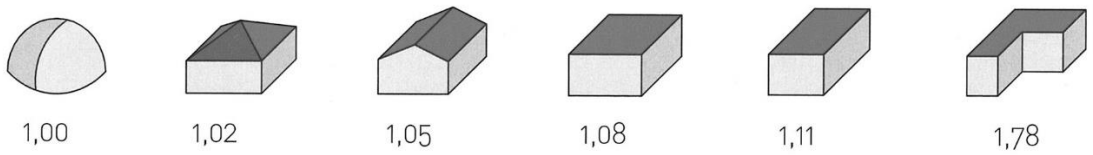
4.1 Oblik kuće

Građenjem pasivne kuće cilj je da se ograniče transmisijski gubici na što mogući manju mjeru. Za smanjenje transmisijskih gubitaka vrlo je važno da je vanjskih površina, s obzirom na volumen građevine, što manje. Faktorom oblika izražava se odnos između površine i volumena. Kada je kuća kompaktna i jednostavna on je tada najpovoljniji . Posebno je dobar faktor oblika pri kvadratnim, okruglim i osmerokutnim oblicima što je vidljivo u tablici 1 .

Tablica 1. Utjecaj oblika zgrade na faktor oblika geometrijskih tijela volumena 400 m3

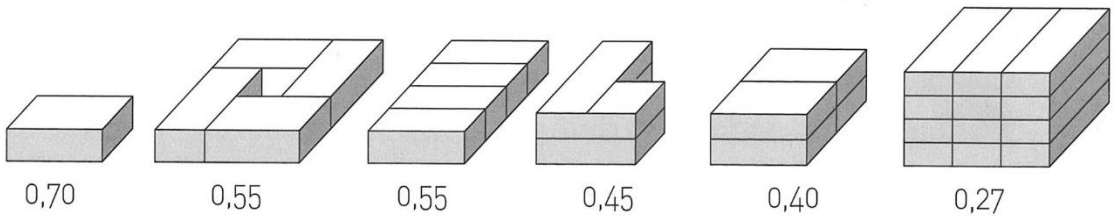
OBLIK	POVRŠINA	FAKTOR OBLIKA	KOMENTAR
Kugla 	263 m^2	0,66 m^{-1}	Kugla ima idealan faktor oblika ali nije praktična za stanovanje.
Valjak 	301 m^2	0,75 m^{-1}	Valjak je još uvijek prilično nepraktičan oblik za zgradu, međutim postoje zgrade koje su slične obliku valjka a to je oblik oktagona. Veliki izazov predstavlja opremanje ovakve zgrade.
Kocka 	326 m^2	0,81 m^{-1}	Nakon kugle i valjka koji imaju idealan faktor oblika, ali nisu praktični ni izvedivi, javlja se kocka. Oblik kocke ima praktičan oblik i povoljan faktor oblika.
Kvadar 	339 m^2	0,85 m^{-1}	Pravokutnik koji nije previše ravan i uski ima povoljan faktor oblika te je pogodan za stanovanje.
L -oblik kuće 	435 m^2	1,09 m^{-1}	L-oblik kuće nije nikako povoljan, te je još lošiji od zgrade ravnog, uskog i niskog pravokutnog oblika.
U -oblik kuće 	456 m^2	1,14 m^{-1}	Primjer razvedenog oblika zgrade. Ovaj objekat je potpuno neprikladan za pasivne kuće. Ima jako veliku površinu oplošja što nije dobro i baca sjenku na ostale dijelove zgrade.

Što je manji volumen izložen vanjskom utjecaju u odnosu na ukupnu tlocrtnu površinu to je niži faktor oblika (Slika 3). Postoji uvjerenje da pasivna kuća mora imati jednostrešni krov, ali oblik krova nema nikakvo značenje u smislu djelovanja pasivne kuće . Istina je da je jednostrešni krov dobar kompromis između uporabne površine i površine građevine [3].



Slika 3. Faktor oblika geometrijskih tijela s jednakim volumenom

Jednostrešan krov ima puno veće površine pročelja koje su orijentirane na jug, te samim time zaprimaju i puno više sunčevih zračenja zimi. Kod jednostrešnog krovišta, orijentiranog na jug, zbog većih površina pročelja veće je i primanje sunčeva zračenja zimi. U usporedbi sa obiteljskom kućom, puno je bolja povezana gradnja u obliku kuća u nizu ili još bolje kod višekatnih zgrada (Slika 4). Kod njih je površina toplih vanjskih zidova, s obzirom na volumen, puno manja. Može se postići prilikom takvog načina gradnje, faktor oblika 0,3-0,7.

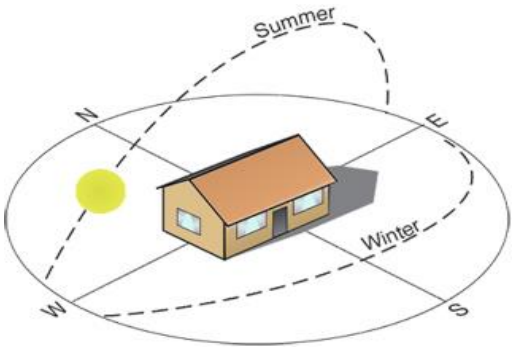


Slika 4. Faktor oblika geometrijskih tijela sastavljenih iz više jednakih elemenata

Rezultat povoljnog faktora oblika je taj da, većina stambenih jedinica nema donju i gornju površinu kao vanjsku plohu, već ih dijeli sa susjednim stambenim jedinicama, koje su također grijani prostori. Tim načinom znatno se smanjuje veličina oplošja u odnosu na volumen čime su smanjeni i toplinski gubitci kroz vanjski plašt zgrade [3].

4.2. Orijentacija pasivne kuće

Orijentacija ima veliko značenje jer omogućuje iskorištavanje dobitaka sunčeva zračenja. Količina dobitaka sunčeva zračenja ovisi o godišnjem dobu i dnevnom kretanju sunca te orijentaciji pročelja. Istočno pročelje najviše je obasjano suncem ujutro, a zapadno popodne. Južno pročelje ljeti je manje obasjano od istočnog i zapadnog. Zimi je opet suprotno jer je veća svijetlost na južnom pročelju u odnosu na istočno i zapadno pročelje (Slika 5). Ovi odnosi definiraju da je južno pročelje najpogodnije za iskorištavanje sunčeve energije.



Slika 5. Položaj Sunca tijekom ljeti i zime

Prilikom odabira zemljišta, pasivnu kuću treba postaviti na južno orijentirano zemljište. Južna orijentacija u hladnim dijelovima godine omogućuje maksimalnu iskoristivost sunčeve energije i time do 40-postotni doprinos grijanju zgrade. Otklon zgrade za 10° od južne orijentacije smanjuje zaprimanje topline potrebne za grijanje za 0,1 kWh/m² . Zbog toga se preporučuje otklon juga za najviše ± 20°. Zato se preporučuje da su na južnom pročelju veće ostakljene površine (Slika 6) [4].



Slika 6. Položaj pasivne kuće prema jugu sa većim ostakljenim površinama

4.3. Vegetacija u okolici

Vegetacija posađena na sjevernoj strani kuće osigurava zaklon od hladnih sjevernih vjetrova. U ljetnom periodu lišće na drveću ili sjenila blokiraju sunčevo zračenje (Slika 7).



Slika 7. Prikaz drveća kako blokira sunčevo zračenje na kuću

Ozelenjavanje okoliša grmovima i listopadnim drvećem ljeti predstavlja ljeti izuzetnu zaštitu od sunca. Zimi kad lišće padne, sunce može obasjavati zgradu pa možemo iskoristit dobitke sunčeve energije, ali manji problem može nastati u rujnu i listopadu kad drveća još ne odbacuju svoja lišća, a postoji potreba za dobicima sunčeve energije [5].

4.4. Veličina i smještaj prozora i vrata

Prilikom postavljanja prozora u današnje vrijeme došlo je do značajnih poboljšanja. Prije kad su se postavljali prozori koristilo se ostakljivanje, sa prolazom topline od 3,0 W/m²k, dok se trenutno najviše koriste stakla od 1,2-1,4 W/m²k.

Za pasivnu kuću kvaliteta toplinsko izolacijskih ostakljenja, kao i samo postavljanje je iznimno važna. Sa takvim tipom ostakljenja moguće je projektirati kuću bez grijaćih tijela u neposrednoj blizini stakla, a da se s tim ne naruši toplinska ugodnost [3].

Razvojem pasivne kuće ustanovljeno je da klasično ostakljivanje dvoslojnim staklom ne može osigurati stroge zahtjeve toplinske izolacije. Za pasivnu kuću su razvijeni posebni prozori s troslojnim toplinsko izolacijskim ostakljenjem prolaza topline od 0,6-0,7 W/m²k, koji imaju sličnu izolaciju kao vanjski zid (Slika 8).



Slika 8. Prozor s trostrukim ostakljenjem

Prednosti ovih prozora su:

- Zimi sunčevu energiju više propuštaju u prostor, nego toplinu iz prostora pasivne kuće
- Površinske temperature na unutarnjoj strani su zimi trajno visoke da pri samom prozoru ne nastaju neke osjetne razlike u temperaturi

Izolacijsko ostakljenje pasivnih kuća sastoji se od tri stakla umjesto do sad korištenih dva stakla. Međuprostor između tih stakla ispunjen je plemenitim plinom, argonom, kriptonom ili ksenonom, radi bolje toplinske izolacije. Radi manjeg prodora dugovalnih toplinskih zračenja, na staklo je nanesen tanak sloj srebrnih oksida (nisko emisijski nanos). Takvo ostakljenje postiže prolaz topline do 0,4 W/m²K. Posebno treba obratiti pozornost na rub prozora. Kod prozora gdje staklo i okvir imaju dobru toplinsku izolaciju, toplinski most može predstavljati distancer koji pri rubu povezuju dvije staklene ploče [3].

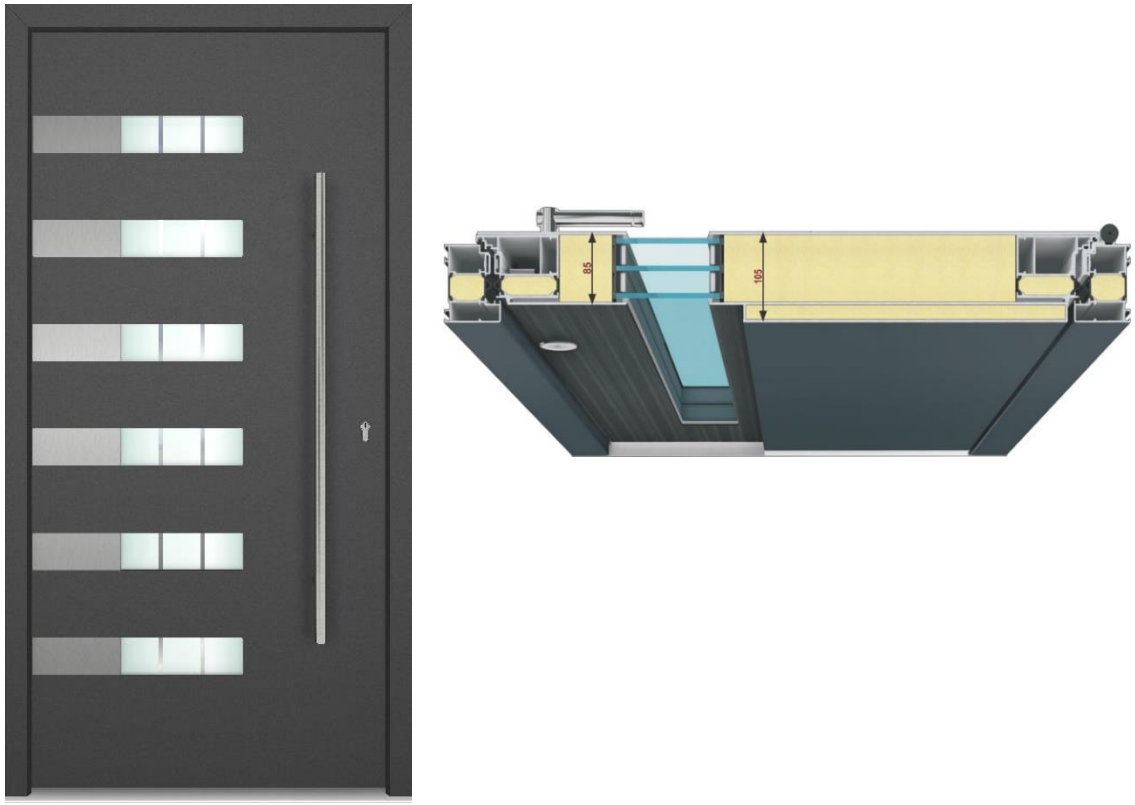
Prozor koji je ugrađen u zid pasivne kuće, mora imati dobre toplinsko izolacijske karakteristike, tako da se njegova unutarnja površinska temperatura što više približi temperaturi zraka u prostoru. To je potrebno zbog temperaturne ugodnosti, s druge strane zbog sprječavanja kondenzacije zračne vlage.

Kondenzat se pojavljuje tek tada kada se vlažni zrak ohladi ispod temperature rosišta vodene pare, a temperatura rosišta ovisi o relativnoj vlažnosti zraka u prostoru. Slično kao i drugi otvori na plaštu zgrade, ulazna vrata često predstavljaju slabu točku u toplinskom plaštu zgrade, zbog čega ih u pasivnoj kući treba vrlo brižno izabrati. Načelno moraju ispunjavati jednake zahtjeve koji vrijede za prozore, a uz to i još nekoliko posebnih zahtjeva :

- stabilnost oblika kod različitih klimatskih opterećenja
- trajna krutost
- minimalna visina praga
- jednostavna uporaba
- oblikovni zahtjevi
- zaštita od provale
- zvučna izolacija
- požarna zaštita

Vrata za pasivne kuće znatno se razlikuju od uobičajenih ulaznih vrata koje su osmišljene za klasične kuće odnosno zgrade. Kod takvih je vrlo važna zrako nepropusnost, stoga vrata moraju imati brtvila (dvostruko na stranama i gore, a dolje kod praga najmanje jednostruko). Da bi se postigla dodatna zrako nepropusnost, vrata moraju trajno osiguravati stabilan oblik, što proizvođač mora dokazati atestom [3].

Debljina vrata kreće se od 85 do 105 mm i izuzetno je važna izolacija koja kroz staklo ima samo prolaz topline od 0,5 W/m^2K (Slika 9). Uz to vratna krila imaju i gore i dolje dodatne zatvarače koji pritisnu krilo na brtvilo [3].

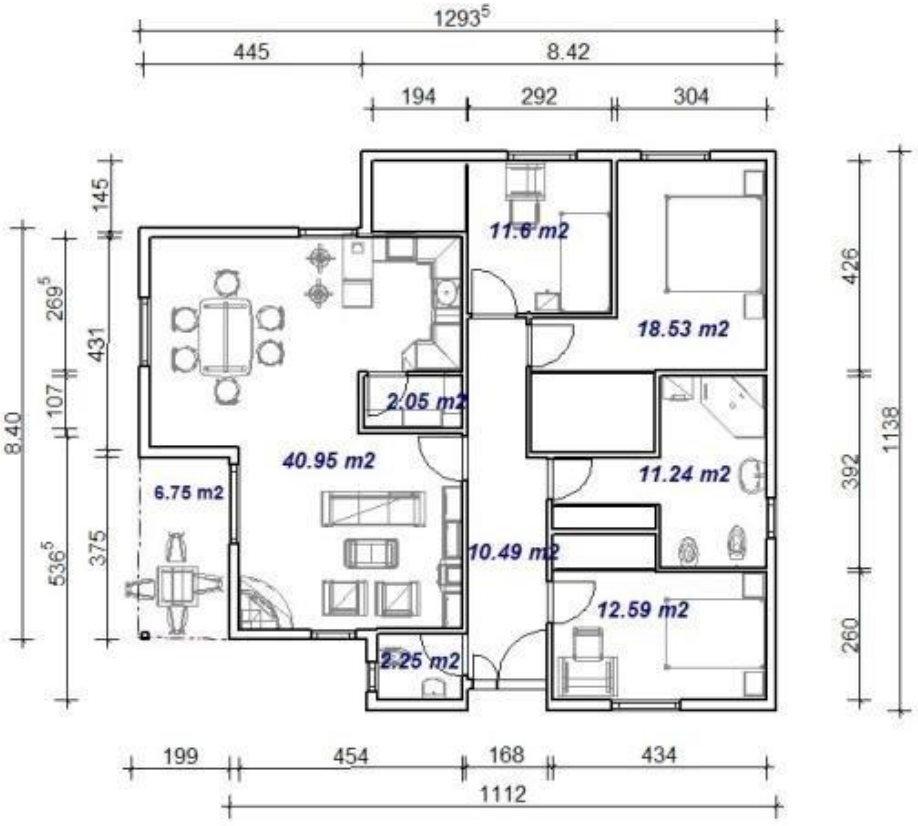


Slika 9. Ulazna vrata pasivne kuće sa presjekom

Ulazna vrata također moraju imati dobru toplinsku izolaciju stoga ne smiju omogućavati prevelik prolaz topline. Slično kao i kod prozora važna je ugradnja vrata bez opasnosti za nastanak toplinskih mostova, do čega često dolazi kod pragova. U pasivnim se kućama zahtjeva prag u visini 15 mm, što s gledišta stanara nije uvijek željeno [3].

4.5. Toplinska hijerarhija prostora

Prijenos topline između unutarnjeg prostora zgrade i vanjskog prostora koji okružuje zgradu nastaje zbog temperaturnih razlika. Na obje strane vanjskog zida temperature su rijetko jednake. U pravilu kroz njih uvijek prolazi toplina što uzrokuje transmisijske toplinske gubitke. Sličan slučaj je i kod unutarnjih zidova koji odvajaju prostore s različitim temperaturama ili grijane prostore od negrijanih (npr. garaže, spremište, hodnik, tavan). Toplinski gubici kroz zid utoliko su veći što je veća temperaturna razlika između vanjske i unutarnje površine. Radi smanjenja transmisijskih toplinskih gubitaka u zgradi, smisleno je na sjevernoj strani gdje je temperatura na vanjskoj strani zida najniža, predvidjeti prostore s nižom temperaturom (npr. stubišta, smočnicu i druge pomoćne prostore). Na južnom pročelju preporučljivo je projektirati dnevne prostore koji zahtijevaju više temperature, budući da postoji mogućnost da se na takvoj dispoziciji zagrijavaju Sunčevom energijom. (Slika 10) [3].

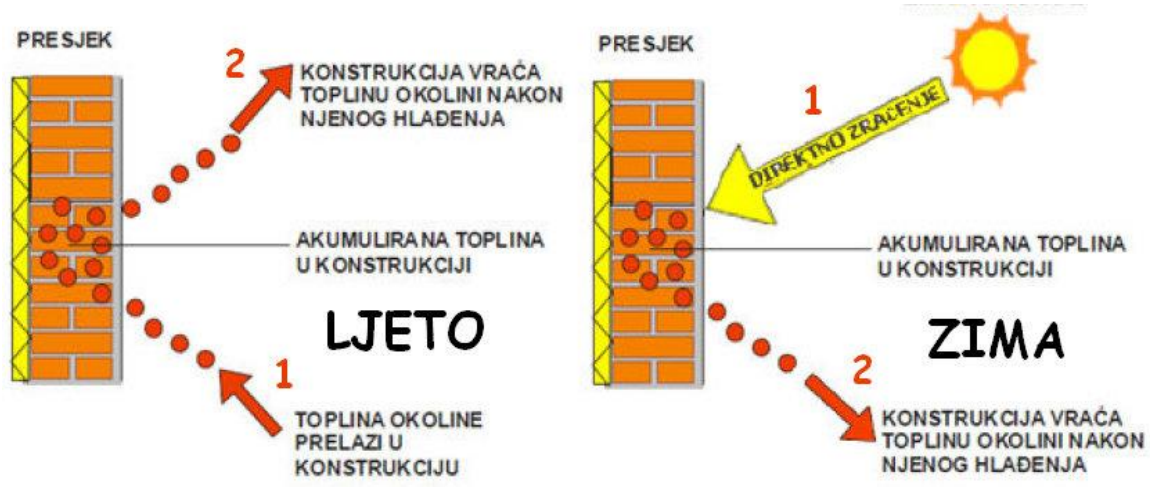


Slika 10. Toplinska hijerarhija prostora pasivne kuće

4.6. Spremanje sunčeve energije

Glavna namjena je mogućnost spremanja topline u kući, radi iskorištavanja sunčeva zračenja kad ga više nema. Tako se naime sunčeva energija bolje iskoristi, a i često se smanje potrebe za grijanjem.

Sunčeve zrake prodiru kroz staklo pri čemu dolaze na građevne elemente u prostoru. Dio se sunčeva zračenja apsorbira u materijalu grijući ga. Drugi se dio odbija od drugoga masivnoga građevnog elementa. Što je viša specifična toplina i prolazak topline materijala, te čim je tamnija njegova površina, to je veća količina spremljene energije (Slika 11). To je za klimu prostora vrlo ugodno jer se pri sunčevu zračenju temperatura zraka u prostoru nešto malo povisi i ne dolazi do pregrijavanja prostora. Po prestanku sunčeva zračenja, kada je temperatura u masivnom materijalu viša od temperature zraka, postupak se okrene. Ta spremljena toplina počinje grijat zrak u prostoru. Na taj način dolazi do ujednačavanja temperaturnih odnosa u prostoru. Toplina koja je na raspolaganju, sprema se i koristi se tijekom večeri i noći kada nema prisustva sunčeva zračenja. U prijelaznom vremenu, kada vanjske temperature još nisu vrlo niske, spremljena toplina koristi se za potrebe grijanja [3].



Slika 11. Akumulacija topline u konstrukciji

Masivni zidovi zbog velike specifične topline vrlo dobro spremaju toplinu što je velika prednost. Spremljenu toplinu s vremenskim pomakom predaju u unutrašnjost, što doprinosi uravnoteženju temperature u prostoru. Da bi se smanjili toplinski gubici kroz sloj toplinske izolacije i iskoristila mogućnost spremanja topline, debljina zida može se ograničiti samo na statičke zahtjeve. Povoljni materijali za spremanje topline su opeka, beton ili silikatna opeka.

Najveću važnost u spremanju topline imaju podovi. Kod južne orijentacije prostora veliki je dio poda obasjan neposredno, pa nema velikog odbijanja. Za što učinkovitije iskorištavanje sunčeve energije dobri su teški masivni materijali sa velikim toplinskim kapacitetom. (Slika 12) Takvi materijali su dosta hladni na dodir, što sa stajališta stambene ugodnosti nije uvijek ugodno. Stanari žele podnu oblogu koja je prilikom dodira topla, ali tople obloge tepisi ili parketi izuzetno smanjuju spremanje topline [3].



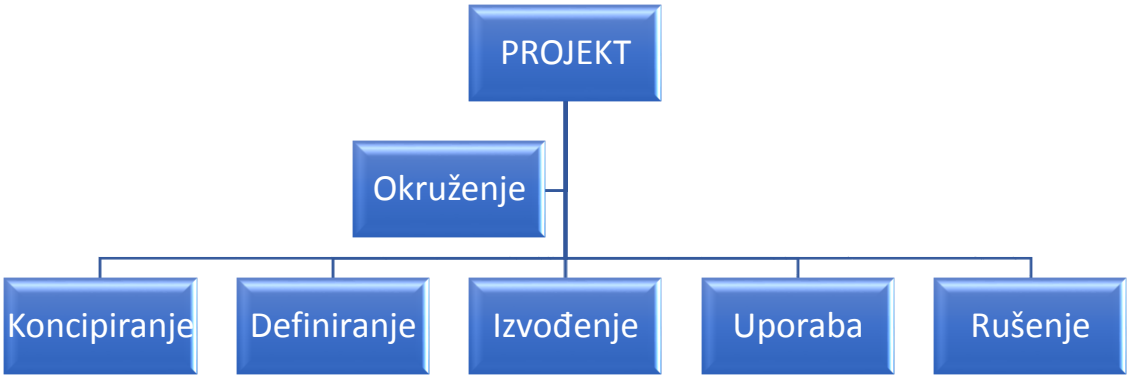
Slika 12. Pod od masivnog materijala

5. FAZE PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE

Projekt je svaki proces kojim se postiže neki cilj ili skupina ciljeva. Projekt ima svoju strukturu, što podrazumijeva sve aktivnosti koje čine projekt i njihova logička povezanost. Struktura ovisi o cilju projekta. Procesom provođenja aktivnosti, koje su međusobno logički povezane u pod projekte, ostvaruju se parcijalni ciljevi, a daljnjim povezivanjem omogućuju se postizanje konačnog cilja [6].

Svaki projekt općenito se može podijeliti na pojedine faze koje su njegov sastavni dio (Slika 13). Najčešće su to tri faze:

- Koncipiranje
- Definiranje
- Izvođenje
- Uporaba
- Rušenje



Slika 13. Shema opće podjele projekta

5.1. Koncipiranje

Koncipiranje ima svoje pod faze:

- zamisao
- istraživanje
- idejna tehnička dokumentacija
- uvjeti uređenja prostora
- prethodna suglasnost potrebna za idejni projekt
- investicijska studija i studija izvodljivosti
- osiguranje financiranja
- imovinsko-pravni odnosi

U prve faze koncipiranja dobivamo neku zamisao koju treba istražiti, te moramo imati uvjete uređenja prostora. Pomoću idejnog projekta, tražimo uvjete građenja od svih javnih komunalnih poduzeća.

Prije nego što smo predali zahtjev za izdavanje lokacijske dozvole trebamo provesti studiju izvodljivosti, riješiti imovinsko- pravne odnose . Zahtjev za lokacijsku dozvolu predajemo lokalnoj samoupravi, gradu ili županiji.

Nakon što dobijemo uvjete, saziva se konferencija na kojoj su: investitor, glavni projektant, referent, predstavnik ministarstva unutarnjih poslova za protupožarstvo, sanitarna inspekcija i inspektor zaštite na radu. Na konferenciji se pregledava idejno tehnička dokumentacija. Zaključak o uvjetima gradnje se donosi kad su svi zadovoljni te se potom saziva očevid. Na očevidu se izlazi na lice mjesta buduće gradnje, gdje se utvrđuje postojeće stanje na parceli i gdje susjedi daju svoju suglasnost ili primjedbe na projekat [7].

5.2. Definiranje

Faza definiranja ima i svoje pod faze:

- prikupljanje ponuda i odabir projektanta za izradu glavne tehničke dokumentacije
- zadajemo projektni zadatak,
- izrađuje se i nadzire izrada tehničke dokumentacije,
- suglasnost na tehničku dokumentaciju,
- dajemo zahtjev za građevinsku dozvolu na temelju glavnog projekta,
- prikupljanje ponuda za građenje,
- idejni projekt organizacije građenja,
- izbor izvođača i ugovaranje građenja.

Drugom fazom definiranja, na temelju lokacijske dozvole možemo izraditi glavnu tehničku dokumentaciju, koju radi isti projektant ali opet može neko drugi . Potvrda glavnog projekta je dokument, tj. upravni akt, na temelju kojega se može pristupiti građenju nove ili rekonstrukciji postojeće građevine. Takvim aktom može se utvrditi da je glavni i idejni projekt, izrađen u skladu s propisima i utvrđenim uvjetima koje mora ispunjavati građevina na određenoj lokaciji, te da su ispunjeni svi potrebni preduvjeti za gradnju. Izdaje ju lokalna samouprava, grad ili županija. Ona vrijedi dvije godine i može se produljivati na još jednu ako se nisu uvjeti promijenili kad je napravljena [7].

5.3. Izvođenje

Treća faza je izvođenje i ona se dijeli na pod faze:

- izrada izvedbenog projekta organizacije građenja,
- uvođenje izvođača u posao,
- pripremni radovi,
- građenje objekta,
- isporuka i montaža opreme,
- tehnički pregled i predaja građevine investitoru,
- uporabna dozvola,

Izvođenje započinje odabirom izvoditelja radova i potpisuje se ugovor kojim se mora definirati cijena, način obračuna, način plaćanja, te se definira rok izvođenja (datum početka i završetka gradnje), garancije. Pod izvođenjem radova podrazumijeva se izvođenje pripremno-završnih, građevinskih, obrtničkih i instalaterskih radova, radova izgradnje, nadogradnje, dogradnje, adaptacija, rekonstrukcija i sanacija. Izvoditelj radi izvedbeni projekt organizacije građenja. Osnovna dokumentacija za izradu ovog projekta je prethodno napravljeni idejni projekt organizacije građenja. Izvoditelju predajemo projektno-tehničku dokumentaciju i dozvolu za gradnju te time započinje gradnja građevine [7].

Zahtjev za izdavanje uporabne dozvole podnosi investitor temeljem obavijesti izvoditelja da je gradnja građevine dovršena, te u njoj prilaže:

- presliku konačne građevinske dozvole ,
- podatke o sudionicima u gradnji,
- pisanu izjavu izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine,
- završno izvješće nadzornog inženjera o izvedbi građevine.

Nakon uspješno izvršenog tehničkog pregleda, dobivamo uporabnu dozvolu, kojom građevinu možemo normalno koristiti. Izdaje ju lokalna samouprava, grad ili županija.

5.4. Uporaba i održavanje građevine

Dobivanjem uporabne dozvole građevina se može početi koristiti. Građevina se rabi samo sukladno njezinoj namjeni. Vlasnik građevine odgovoran je za njezino održavanje.

Održavanjem građevine trebaju se osigurati bitni zahtjevi za građevinu (mehanička otpornost i stabilnost, zaštita od požara, higijena, zdravlje i zaštita okoliša, sigurnost u korištenju, zaštita od buke, ušteda energije i toplinska zaštita).

O redovnom održavanju građevine vodi se posebna dokumentacija.
Uporabna faza obuhvaća korištenje građevine, eksploataciju, ulazak u objekt i u njenom je sklopu i održavanje [7].

5.5. Rušenje

Zadnja faza projekta je rušenje koje nastupa u momentu kada je građevina dotrajala, odnosno dolazi do nekih ozbiljnih oštećenja građevine, statičke nestabilnosti građevine. Do rušenja može doći i zbog promjene u namjeni ili neadekvatnog prostora za korištenje.

Pod rušenjem smatramo svaki postupak kojim se djelomično ili u cijelosti ruše konstruktivni dijelovi objekta ili objekt u cjelini (Slika 14). Za rušenje je potrebno također ishoditi dozvolu za uklanjanje građevine [7].



Slika 14. Rušenje zgrade

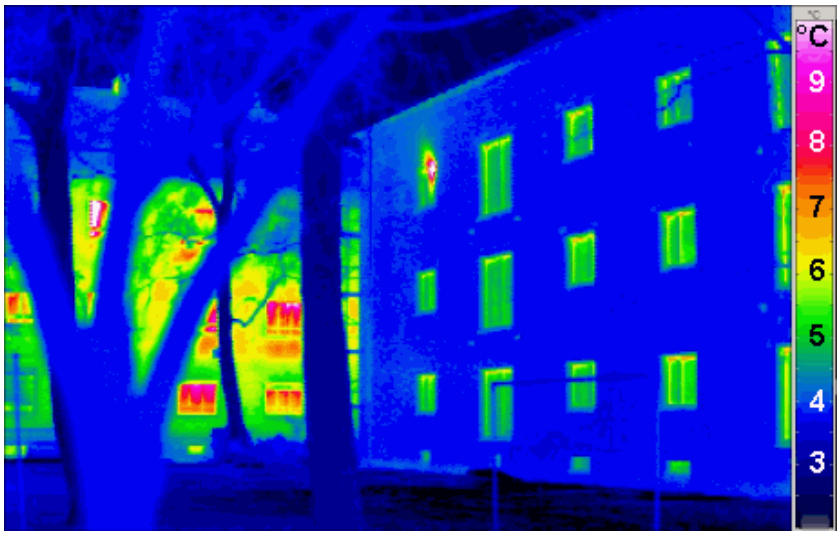
6. IZGRADNJA PASIVNE KUĆE

Za izgradnju pasivne kuće, važno je prilikom projektiranja voditi računa o sljedećem:

- Konstruiranje bez toplinskih mostova
- Izolacija
- Nepropusnost zraka
- Ventilacija
- Toplinska crpka
- Rasvjeta i električni uređaji

6.1. Konstruiranje bez toplinskih mostova

Toplinski mostovi su površine na građevnom elementu gdje je povećan prolaz topline. Javljaju se na vanjskom plaštu zgrade i to zbog loše izvedbe, nedovoljno znanja kod projektiranja, i kod manjkavosti materijala odnosno štedljivosti. Kroz toplinske površine pročelja, može se izgubiti izrazito puno topline. S obzirom na vrste toplinskih mostova postoje: konvekcijski, geometrijski i konstrukcijski. Konvekcijski toplinski mostovi nastaju gdje postoje pukotine i gdje kroz te pukotine odlazi topli zrak. Kod pasivnih kuća konvekcijski toplinski mostovi su minimizirani, jer plašt kuće je zrako nepropustan, što je vidljivo na desnoj strani slike 15.



Slika 15. Termografska snimka toplinskog zračenja pasivne kuće (desno) i standardne (lijevo) koje prikazuju toplinske mostove

Jedini gubici su kod otvaranja prozora i vrata. Geometrijski toplinski mostovi nastaju na mjestima gdje je unutarnja površina, kroz koju odlazi toplina, manja od vanjske. Zbog povećanja presjeka, po kojemu toplina prolazi, u tom se dijelu prolaznost topline povećava, a otpor konstrukcije smanjuje. Geometrijski mostovi nastaju većinom kod zgrada i najčešće gdje se pojavljuju su: uglovi zgrada, spoj zida sa strehom, sljeme, stepenice i dr.

Najproblematičniji su konstrukcijski toplinski mostovi. Konstrukcijski toplinski mostovi nastaju gdje je plašt kuće prekinut. Pojavljuju se kod slabo projektiranih detalja i to kod proboja, istaka, priključaka, rebara, prekinutih toplinskih izolacija.

Kod pažljivog projektiranja i izvedbe učinak toplinskih mostova može biti manji od 0 odnosno negativan, što znači da su približno izračunati toplinski gubici u projektu veći od stvarnih. Kod pasivnih kuća treba izbjegavati toplinske mostove tj. svesti ih na što manje. Osnovni princip gradnje pasivne kuće je konstruiranje bez toplinskih mostova [3].

6.2. Izolacija

Gradnja pasivnoga objekta zahtijeva iznimnu detaljnost svih izvođača, jer potrebno je iznimno paziti na spojeve različitih materijala da se osigura nepropusnost i dobra izoliranost objekta bez toplinskih mostova. Odgovarajuća građevinska stolarija s niskom toplinskom vrijednošću mora biti ugrađena prema zahtjevima standarda, jer samo je tako zajamčena odgovarajuća nepropusnost uz otvore. Za osiguranje odgovarajuće toplinske izolacije pasivnog objekta debljinu izolacije treba prilagoditi kvaliteti izolacije. Ukupna toplinska vodljivost za krovove zidove i podove mora biti u granicama od 0,10 do 0,15 W/m^2K.

Danas je na tržištu mnoštvo različitih vrsta toplinske izolacije. Dijelimo ih na klasične izolacijske materijale i alternativne (BIO) izolacijske materijale. Klasične izolacijski materijali su: staklena i kamena vuna, polistiren, poliuretanske pjene, pluto i dr. (BIO) izolacijski materijali su: celulozni pramičci, ovčja vuna, pamuk, trstika i drvena vlakna. Klasične izolacije u načelu imaju nižu toplinsku provodljivost λ, što znači da možemo

ugrađivati manje debljine toplinske izolacije. Kod alternativnih izolacija moguće je s manjom debljinom postići dulja fazna zaostajanja pri prijelazu topline kroz konstrukciju. Svaka toplinska izolacija tako ima svoje prednosti i slabosti Pri ugradnji treba paziti da se odgovarajuća toplinska izolacija ugradi u odgovarajući sklop konstrukcije. Toplinske izolacije proizvedene su za namjenske konstrukcije i ne preporučuje ih se upotrebljavati u drugim montažnim konstrukcijama jer izolacija nije potpuno iskorištena [8].

6.3. Nepropusnost zraka

Za postizanje dostatne zrako nepropusnosti plašta zgrade treba točno projektirati sve spojeve građevnih elemenata. Kao i toplinsko izolacijski plašt i zrako nepropustan plašt kuće mora biti potpun i bez prekida. Uzeti se moraju u obzir tri glavna principa:

- Ravnina nepropusnog plašta ukoliko je ispunjena zrakom, mora biti u nacrtu na svim dijelovima kuće neprekinuta. Ako je u tlocrtima i presjecima označimo crtom, ona nigdje ne smije biti prekinuta
- Mora postojati samo jedna zrako nepropusna ravnina . Propusna mjesta se ne uklanjaju drugom zrako nepropusnom ravninom ispred ili iza propusnih mjesta
- Zrako nepropusni plašt uvijek je pričvršćen na unutarnjoj strani toplinsko izolacijskoga plašta. Zrako nepropusna ravnina djeluje i kao parna brana, stoga ne smije biti potpuno difuzijski zatvorena (Slika 16) [3].

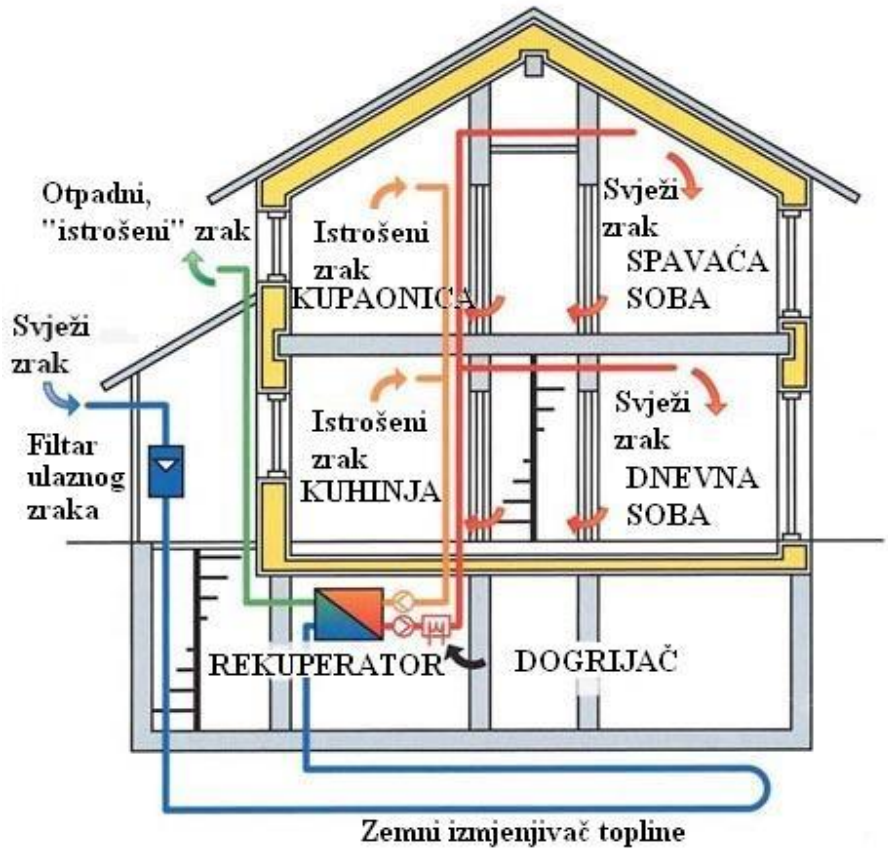


Slika 16.Izolacija propusnih mjesta na vanjskom plaštu kuće

6.4. Ventilacija

Kvaliteta zraka u prostoru važan je čimbenik zdravog i udobnog stambenog okoliša, te je za postizanje dobre kvalitete zraka potrebno kontinuirano odvoditi potrošeni“ zrak iz objekta te na njegovo mjesto dovoditi svježi zrak.

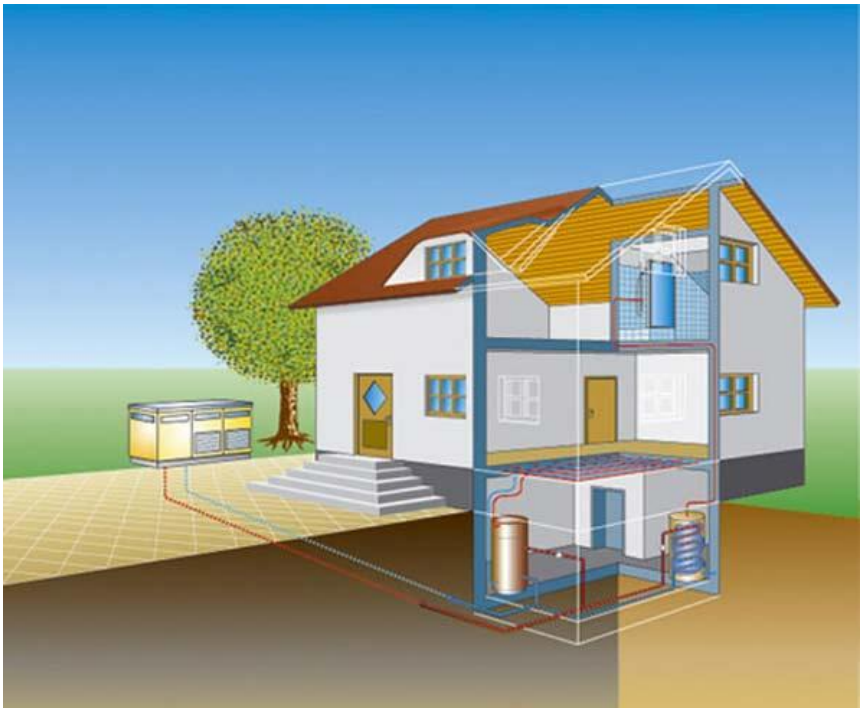
Prema standardima pasivna kuća mora imati izrazito nisku potrošnju energije po kvadratnom metru, te se toplinski gubici koji nastaju zbog ventilacije moraju smanjiti na najmanju moguću mjeru. S tim ciljem pasivna kuća je izvedena s gotovo potpuno zrako nepropusnim plaštem zgrade kako bi se spriječili nekontrolirani ventilacijski i infiltracijski gubici topline zbog propuštanja vanjskog zraka. Kako je, s druge strane, potrebno zbog zadovoljenja zdravstveno higijenskih zahtjeva, kontinuirano dovođenje svježeg zraka u primarne stambene prostore (dnevna soba, blagovaonica, spavaće sobe, radna soba), ventilacija se pasivne kuće izvodi sa visokoučinkovitim kontroliranim mehaničkim sustavom kao što je prikazano na slici 17 [9].



Slika 17. Ventilacija pasivne kuće

6.5. Toplinska crpka

Toplinske crpke su uređaji koji omogućavaju prijenos toplinske energije iz sustava niže temperaturne razine (zemlja, voda, zrak) u sustav više toplinske razine (centralno grijanje ili PTV) korištenjem dodatne energije rada (struja za kompresor) pomoću kružnog procesa prikladnog radnog medija (freon),(Slika 18).



Slika 18. Toplinska crpka u pasivnoj kući

Princip rada toplinske pumpe je jednostavan, mogli bi ga usporediti s kućanskim hladnjakom samo u obrnutoj funkciji, on grije umjesto da hladi. Energija okoline (zemlja, voda, zrak) prenosi se radnom tvari do kompresora koji tlači radnu tvar čime joj se povećava temperatura koja se putem kondenzatora i izmjenjivača unutar kondenzatora zaprima toplinu i šalje toplu vodu u sistem centralnog grijanja. Nakon toga se radni medij preko ekspanzijskog ventila vraća u isparivač. U ekspanzijskom ventilu radni medij ekspandira s višeg tlaka kondenzatora na niži tlak isparivača i ohlađuje se. Time je zatvoren kružni proces isparavanje-kompresija-kondenzacija-ekspanzija koji se stalno ponavlja [10].

6.6. Rasvjeta i električni uređaji

Radi smanjenja ukupne potrošnje primarne energije, mnoge pasivne i aktivne metode upotrebe dnevnog svjetla su izvrsna rješenja za pojačavanje osvijetljenosti prostora danju. U prostorima koji su slabo osunčani i za vrijeme noći se koriste kreativni i održivi elementi za osvjetljavanje. Oni mogu biti standardne voltaže fluorescentne lampe, LED lampe, PLED lampe, i niske voltaže Xenon lampe, Halogen lampe.

Za napajanje rasvjete okoline se mogu koristiti nezavisne fotonaponske ćelije ili fotonaponske ćelije povezane sa centralni solarnim panelima (Slika 19). Ispravnim korištenjem kronometara i senzora detekcije pokreta dodatno smanjujemo potrošnju energije.

Dobro rješenje za osvjetljenje prostorija koje nemaju izvor dnevnog svjetla ili nemaju dovoljno svjetla za boravak i rad, je i sustav solatube, koji koristi samo sunčevu svjetlost za rasvjetu od izlaska do zalaska sunca, što dodatno štedi električnu energiju [11].



Slika 19. Fotonaponske ćelije

7. TROŠKOVI IZGRADNJE

Pasivna kuća preračunato u količinu potrošenog loživog ulja zahtijeva manje od 1,5 l lož ulja po kvadratnom metru godišnje što je čini za cijelu energetsku jedinicu isplativijom od prosječne kuće danas. Korištenje neobnovljivih izvora energije potrebno je smanjiti u cijelom svijetu kako bi se na taj način izbjegla pojava efekta staklenika i kako bi se izbjeglo onečišćenja okoliša. Ovakvu senzacionalnu energetsku uštedu pasivna kuća dostiže zahvaljujući dvama temeljnim fizikalnim principima: optimizaciji slobodnog dobivanja energije i uklanjanju toplinskih gubitaka.

Ovakav model gradnje pogodan je uz potrošnju energije za zagrijavanje koja je manja od 15 kWh/(m^2a) i uz zadovoljenje primarnih energetskih potreba uključujući toplu vodu i struju u kućanstvu uz potrošnju ispod 120 kWh/(m^2a).

U pasivnim zgradama, uštede od nekorištenja uobičajenog sustava grijanja se mogu uložiti u nadogradnju toplinske zaštite zgrade ili u ventilacijski sustav za povrat topline. U Njemačkoj je sada moguće izgraditi pasivne kuće po istoj cijeni kao i kuće po normalnim njemačkim standardima, ali s pažljivim projektiranjem, izgradnjom i porastom tržišnog natjecanja u opskrbi posebno konstruiranih dijelova za pasivne kuće.

U Hrvatskoj cijena gradnje je u prosjeku nešto viša od moderne kuće npr. sa 10 cm izolacije, oko 4-5% veća cijena same gradnje. Glavni razlog eventualne visoke cijene pasivne kuće u Hrvatskoj je nedovoljna educiranost projektanata, strojara kao i investitora u pogledu glavnih zahtjeva takvih građevina [1].

U Sloveniji je 2007 izrađena približna ocjena troškova gradnje pasivne kuće. Ona pokazuje da pasivna kuća niti u Sloveniji ne bi smjela biti skuplja više od 10% u odnosu

na dosljedno projektiranu i izvedenu nisko energetsku kuću, odnosno pasivnu kuću. Samo gradnja bi kod pasivne kuće bila vrlo hrabar pothvat, odnosno sve radove moraju obaviti profesionalci, pa ako se gradnja kuće uspoređuje po sistemu "sam svoj majstor", onda je ona svakako znatno skuplja [12].

Procjene kod položaja same kuće u odnosu na geografsku širinu, pokazuju da troškovi gradnje pasivnih kuća značajno rastu kada se grade u Sjevernoj Europi, tj. iznad 60° geografske širine. Te činjenice su dovele do velikog broja projektiranih kuća koje koriste tlo ispod same kuće za skladištenje topline, tj. ljeti se skladišti toplina za grijanje zimi, a zimi se skladišti hladan zrak za hlađenje ljeti. Moguća je upotreba pasivnog termosifona koji sadrži samo zrak, tj. nema potrebe za skupom i nepouzdanom tehnologijom [11].

Cijena pasivne kuće ovisi o: vrsti materijala, vrsti konstrukcije, transportu na gradilište, tipu kuće (prizemnica, katnica, kaskadno izvedena ili razvedenog tlocrta) i dr.

Prizemne kuće u pravilu imaju najveću cijenu**,** jer im se obračunavaju svi zemljani radovi, temelji kao i krovište na malu površinu. Kod kuće na kat svi navedeni radovi se obračunavaju na kompletnu površinu (prizemlje + kat), tako da se umanjuje cijena bruto površine.

Pasivnu kuću moguće je izgraditi i za manje novaca nego što košta moderna obiteljska kuća. Ali, u tom slučaju cijena troškova života u takvoj kući raste, udobnost opada, a izgled objekta se s vremenom pogoršava. Cilj štedljive i ekološke gradnje jest u tome da se velika početna investicija isplati kroz nekoliko godina**.** Bez obzira na ekonomsku računicu na početku, sve što se štedi na početku kasnije se popravlja po deseterostrukoj cijeni, a neke stvari se ne mogu popraviti [12].

8. ZAKLJUČAK

Prilikom gradnje kuće trebamo se odlučiti da li ćemo graditi jeftino i u budućnosti plaćati znatno veće troškove grijanja, održavanja ili ćemo investirati u što bolju gradnju pa ćemo kasnije uštedjeti na troškovima grijanja i održavanja. Sve većom potrošnjom fosilnih goriva izrazito se onečišćuje okoliš, pa su nisko energetski koncepti kuća, budućnost građenja. Kod računanja troškova za izgradnju pasivne kuće ne uzimaju se samo troškovi investicije već treba uzeti u obzir i mnoge druge činjenice. Jedan od faktora je potrošnja grijanja, odnosno porast će cijena kroz koju godinu i tako opteretiti proračun građana. Svjesni smo da u budućnosti će doći do porasta cijena fosilnih goriva. Izuzetno je važno naše klimatsko područje s ograničenim brojem sunčanih sati. Treba i naglasiti da je tehnologija koja je potrebna da bi kuća sama stvarala energiju izrazito skupa. Sljedeći faktor je da uređaji za ventilaciju, koji se koriste kod pasivnih kuća, skoro pa nemaju dijelova koji bi se mogli istrošiti, dok uređaji za grijanje, kojih nema u pasivnim kućama, su osjetljivi na trošenje. Smatram da gradnjom pasivnih kuća, što je budućnost građenja, a koja će se ostvariti kroz Eu fondove i naša ulaganja, neće biti tolikog onečišćenja okoliša i prekomjernog korištenja tolikih količina energije, koje izrazito utječu na život ljudi i prirode.

9. LITERATURA

[1] Povijest pasivnih kuća. Izvor: https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije /energetski-clanci/item/553-povijestpasivnihkuca.html. Datum pristupa:6.4.2017.

[2] Pasivna gradnja. Izvor: http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=103.
Datum pristupa: 6.4.2017.

[3] M. Zbašnik Senegačnik, 2009. Pasivna kuća

[4] Inovative Passivhausprojekte, 2006. IG Passivhaus Darmstadt

[5] Načela pasivne gradnje. Izvor: http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti /pasivne-i-nisko energetske-kuce/nacela-gradnje-pasivne-kuce. Datum pristupa: 6.4.2017.

[6] Rudolf Lončarić,1995 Organizacija izvedbe graditeljskih projekata.

[7] Pršir Ana. Organizacija izvođenja radova. Sveučilište u Zagrebu. Geotehnički fakultet u Varaždinu. 2012.

[8] Pasivna gradnja-izolacija. Izvor: http://www.ursa.com.hr/hr-hr/pasivna-gradnja/ stranice/ pasivna-kuca.aspx. Datum pristupa: 11.04.2017

[9] Ventilacija pasivne kuće. Izvor: http://www.zelena energija.org /clanak/ ventilacija-pasivne-kuce-i-rekuperacija-topline-otpadnog-zraka/391. Datum pristupa: 11.04.2017.

[10] Toplinska crpka. Izvor: http://www. eko-puls. hr/ Toplinske_pumpe.aspx, Datum pristupa:11.04.2017.

[11] Rasvjeta i električni uređaji. Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Pasivnaku% C4 %87a . Datum pristupa: 11.04.2017.

[12] Troškovi izgradnje pasivne kuće. Izvor: http://www.pasivna-kuca.info/gradnja/37-gradnja-pasivne-kuce/71-cijena-gradnje-pasivne-kuce.html. Datum pristupa: 11.5.2017.

10. POPIS SLIKA

Slika 1.Pasivna kuća u Varaždinu, ulica Ante Starčevića 18. Izvor: http:// promogradnja .hr/moderna-gradnja-danas-s-pogledom-na-sutra/. Datum pristupa: 13.5.2017.

Slika 2. Pasivna kuća u Darmstadtu, Njemačka. Izvor: https://hr.wikipedia. org/wiki /Pasivna_ku%C4%87a#/media/File:Passivhaus_Darmstadt_Kranichstein_Fruehling_20 06.JPG . Datum pristupa: 11.5.2017.

Slika 3. Faktor oblika geometrijskih tijela s jednakim volumenom. Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.

Slika 4. Faktor oblika geometrijskih tijela sastavljenih iz više jednakih elemenata. Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.

Slika 5. Položaj Sunca tijekom ljeti i zime. Izvor: http://www.legalizacija. ba/ projektiranje-i-gradnja-pasivnih-objekata/. Datum pristupa: 6.5.2017.

Slika 6. Položaj pasivne kuće prema jugu sa većim ostakljenim površinama. Izvor: https://www.dominfo.ba/eko-kuce-i-niskoenergetske-montazne-kuce-su-buducnost-gradnje/. Datum pristupa: 6.5.2017.

Slika 7. Prikaz drveća kako blokira sunčevo zračenje na kuću. Izvor: http ://www.zelena energija.org/clanak/sta-je-pasivna-solarna-kuca-i-kako-funkcionira/2033. Datum pristupa: 6.5.2017.

Slika 8. Prozor s trostrukim ostakljenjem. Izvor: http://www.m-sora.si/si /okna/ detajli /Natura-Optimo-XL . Datum pristupa: 8.4.2017.

Slika 9. Slika 6. Ulazna vrata pasivne kuće. Izvor: http://www.troha-dil.hr/pvc-stolarija-slike/bjelovar/drvoaluminijska-ulazna-vrata-za-pasivne-i-niskoenergetske-kuce . Datum pristupa: 8.4.2017.

Slika 10. Toplinska hijerarhija prostora pasivne kuće. Izvor: www.nekretnine / nisko energetska-montazna-kuca-110-m2-7-m2-terasa-3-m2-ulaz-oglas-7256601.Datum pristupa: 8.4.2017.

Slika 11. Akumulacija topline u konstrukciji. Izvor: http://www.zelenaenergija org / clanak/sta-je-pasivna-solarna-kuca-i-kako-funkcionira/2033
Datum pristupa: 10.4.2017.

Slika 12. Pod od masivnog materijala. Izvor: http://moj-dom.me/gradnja/podne-i-zidne-obloge/izbor-podova-za-dom/. Datum pristupa: 10.4.2017.

Slika 13. Shema opće podjele projekta. Izvor: Rudolf Lončarić,1995 Organizacija izvedbe graditeljskih projekata.

Slika 14. Rušenje zgrade. Izvor: http://www.bizlife.rs/biznis/poslovne-vesti/izraelci-ruse-savezni-mup/. Datum pristupa: 11.04.2017

Slika 15. Termografska snimka toplinskog zračenja pasivne kuće (desno) i standardne (lijevo) koje prikazuju toplinske mostove. Izvor: https://hr.wikipedia.org /wiki /Toplinska _izolacija_ zgrada#/media/File:Passivhaus_thermogram_gedaemmt_ungedaemmt.png.
Datum pristupa: 11.04.2017

Slika 16.Izolacija propusnih mjesta na vanjskom plaštu kuće. Izvor: http://beodom.com /en/news/entries/amadeo-ii-construction-update-roof-cover-and-windows
Datum pristupa: 11.04.2017.

Slika 17. Ventilacija pasivne kuće. Izvor: http://www. zelenaenergija. org/clanak/ ventilacija-pasivne-kuce-i-rekuperacija-topline-otpadnog-zraka/391
Datum pristupa:11.04.2017.

Slika 18. Toplinska crpka u pasivnoj kući. Izvor: http://www.eko-puls.hr/Toplinske _ pumpe .aspx . Datum pristupa: 11.04.2017

Slika 19. Fotonaponske ćelije . Izvor: http://unissgrejanje.com/solarni-kolektori.php . Datum pristupa: 11.04.2017.

11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Utjecaj oblika zgrade na faktor oblika geometrijskih tijela volumena 400 m3. Izvor: Izvor: www.sites.google.com/site/lowenergyhome/architectur. Datum pristupa: 6.5.2017.