

# Primjena koncepta "Zero energy" izgradnje: studija izgrađenog objekta

---

Radovac, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:713398>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-08**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

*Završni rad br. 281/GR/2017*

**PRIMJENA KONCEPTA "ZERO ENERGY"  
IZGRADNJE: STUDIJA IZGRAĐENOG OBJEKTA**

**Martina Radovac, 5719/601**

Varaždin, lipanj 2017. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 281/GR/2017

## **PRIMJENA KONCEPTA "ZERO ENERGY" IZGRADNJE: STUDIJA IZGRAĐENOG OBJEKTA**

### **Student**

Martina Radovac, 5719/601

### **Mentor**

Antonija Bogadi, dipl. ing. arh.

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Martina Radovac	MATIČNI BROJ	5719/601
DATUM	KOLEGIJ Završni radovi i instalacije u graditeljstvu		
NASLOV RADA	Primjena koncepta "Zero energy" izgradnje: studija izgrađenog objekta		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Applying the "Zero energy" concept in construction: the case study		
MENTOR	Antonija Bogadi	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo Soldo 2. mr.sc. Vladimir Jakopec, predavač 3. Antonija Bogadi, predavač 4. Aleksej Aniskin, viši predavač 5.		

## Zadatak završnog rada

BROJ	281/GR/2017
OPIS	Pristupnica u Radu izlaze načela "Zero energy" i povezuje ih sa sljedećim aspektima izgradnje obiteljske kuće: sustavi grijanja, hlađenja, ventilacije i upravljanje energijom. Ta rasprava rezultira zaključkom o osnovnim aspektima koji definiraju gradnju vođenu načelima "Zero energy" izgradnje. Nadalje pristupnica treba izložiti primjer takve gradnje i analizirati je po gore navedenim principima. Zadatak se u radu treba obraditi po sljedećim točkama: 1. Osnovna načela "Zero Energy" izgradnje, 2. Osnovni aspekti koji definiraju gradnju vođenu principima "Zero Energy", 3. Studija izgrađenog objekta po načelima "Zero Energy".

ZADATAK URUČEN

06.06.2017



Varaždin, lipanj 2017. godine

## Sažetak

Kako bi smanjili ukupnu potrošnju energije i doprinijeli postizanju ciljeva energetske učinkovitosti u svijetu, uvodimo nove principe izgradnje zgrada i sustave korištenja energijom iz obnovljivih izvora. Izgradnjom „Zero energy“ kuća smanjujemo ukupnu potrošnju energije i emisije ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>). U „Zero energy“ kućama se za iskorištavanje obnovljivih izvora (sunce, voda, vjetar) koriste različiti sustavi za grijanje i hlađenje kuće, zagrijavanje vode, proizvodnju električne energije i prozračivanje prostorija. Kod ovakvih sustava upotrebljava se odgovarajuća oprema kao što su solarni paneli, vjetrogeneratori, spremnici tople vode, geotermalne sonde, toplinske pumpe i drugo. Za upravljanje zgradom i potrošnjom energije koriste se računalni sustavi. Nadalje, u radu su opisani sustavi, princip rada i njihova funkcija. Analizirana je izgrađena „Zero energy“ kuća, isplativost i sredstva financiranja izgradnje takve kuće.

**Ključne riječi:** „Zero energy“ kuća, energetska učinkovitost, obnovljivi izvori, sustavi, grijanje, hlađenje, ventilacija, elektrosustavi, isplativost, sufinanciranje

## **Abstract**

To reduce total energy consumption and contribute to the achievement of energy efficiency goals in the world, we are introducing new principles for building buildings and renewable energy use systems. By building a "Zero energy" house we reduce total energy consumption and carbon dioxide emissions (CO<sub>2</sub>). In the "Zero energy" houses, the use of renewable sources (sun, water, wind) is used by various home heating and cooling systems, water heating, electricity generation and room ventilation. Appropriate equipment such as solar panels, wind generators, hot water tanks, geothermal probes, heat pumps and more is used in such systems. Computer systems are used for energy management. Further, the paper describes the systems, the principle of work and their function. We analyzed the built-in "Zero Energy" house, the viability and financing of building such a home.

**Keywords:** „Zero Energy House, Energy Efficiency, Renewable Sources, Systems, Heating, Cooling, Ventilation, Electrosystems, Cost Effectiveness, Co-financing

## Popis korištenih kratica

<b>LED</b>	Light Emitting Diode
<b>HVAC</b>	Heating, ventilation, air conditioning
<b>PLC</b>	Programmable logic controller
<b>SCADA</b>	supervisory control and data acquisition
<b>PV</b>	photovoltaic
<b>EE</b>	Projekt Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj
<b>HIO</b>	House in Order
<b>UNDP</b>	United Nations Development Programme
<b>FZOEU</b>	Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost



# Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Općenito o „Zero energy“ kućama</b> .....	<b>3</b>
2.1. <i>Definicije „Zero energy“ kuća</i> .....	4
<b>3. Sustavi u „Zero energy“ kućama</b> .....	<b>5</b>
3.1. <i>Sustavi grijanja i hlađenja</i> .....	7
3.2. <i>Sustavi ventilacije</i> .....	15
3.3. <i>Sustavi električne energije</i> .....	16
<b>4. Analiza izgrađenog objekta - Stambena kuća u Riehen-u, Švicarska</b> .....	<b>20</b>
4.1. <i>Arhitektura stambene kuće u Riehen-u</i> .....	21
4.2. <i>Analiza instalacijskih sustava stambene kuće u Riehen-u</i> .....	22
4.3. <i>Iskustva stanara u kući</i> .....	24
<b>5. Isplativost izgradnje „Zero energy“ kuće</b> .....	<b>26</b>
<b>6. Nacionalni plan povećanja broja zgrada gotovo nulte potrošnje energije</b> .....	<b>28</b>
<b>7. Zaključak</b> .....	<b>33</b>
<b>8. Literatura</b> .....	<b>34</b>

## 1. Uvod

U današnjici, sektor zgradarstva ima veliku ulogu u provedbi ciljeva energetske učinkovitosti. Trećina emisije ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) i 40% ukupne potrošnje energije pripisuju se sektoru zgradarstva. Upravo najveći potencijal energetske ušteda leži u sektoru zgradarstva. Uz usvajanje zgrada gotovo nulte energetske potrošnje, u cijeloj Europi do 2020. godine nadalje, potrošnja energije će se smanjiti.

Rad se bavi „Zero energy“ kućama, odnosno kućama nulte energije. Ova vrsta energetske efikasne kuće s nultom neto potrošnjom i nultom neto emisijom ugljičnog dioksida godišnje, može ispuniti ciljeve energetske uštede i smanjiti ispuštanje onečišćujućih tvari u atmosferu. „Zero energy“ kuća pokriva svoju godišnju potrošnju energije korištenjem sustava za iskorištavanje obnovljivih izvora energije (vjetra, sunca, vode). Ove kuće priključene su i na energetska mrežu, pošto dobivanje energije iz obnovljivih izvora ovisi o vremenskim prilikama i klimatskoj zoni u kojoj se kuća nalazi. Postoje i „Zero energy“ kuće koje su potpuno neovisne o mreži.

Kako bi minimizirali ukupnu energetska potrošnja uvodimo učinkovite sustave grijanja, hlađenja, ventilacije, koristimo učinkovite kućanske uređaje i rasvjetu. Smanjenje potrošnje energije u „Zero energy“ kućama ostvaruje se dobrom toplinskom izolacijom, kvalitetnom vanjskom stolarijom, spremnicima energije, sustavima za dobivanje energije kao što su solarni kolektori i vjetrogeneratori. U radu su detaljnije opisani sustavi grijanja, hlađenja, ventilacije, kombinirani sustavi te sustavi proizvodnje električne energije i upravljanja energijom. Grijanje prostorija i vode te hlađenje postizemo pomoću različitih sustava i opreme kao što su solarni kolektori, toplinske pumpe, geotermalne sonde i spremnici topline. Ventilacija „Zero energy“ kuće može biti pasivna, cirkuliranjem zraka kroz prozore i vrata. Postoje različiti sustavi ventilacija koji se ugrađuju u kuću. Električna energija proizvodi se pomoću solarnih elektrana, a za upravljanje zgradom i potrošnjom energije koristimo računalni sustav.

U radu je analizirana izgrađena „Zero energy“ kuća u Švicarskoj koja je sagrađena u okviru programa dodjele bespovratnih sredstava i navedeni su izvori financiranja za izgradnju. Opisana je arhitektura kuće i konstrukcija. Detaljnije su analizirani instalacijski sustavi i energetska oprema grijanja, hlađenja i ventilacije, elektrosustav, principi rada i korištenje tim sustavima te godišnja energetska ravnoteža proizvodnje i potrošnje energije. Na kraju su navedena iskustva i ocjene stanara kuće.

Ukupni trošak vlasništva „Zero energy“ kuće uspoređen je sa sličnim standardnim kućama. Navedeno je koliko je isplativa izgradnja „Zero energy“ kuće, detaljnije su analizirani troškovi izgradnje i posjedovanja u što su uključeni porezi, održavanje, energija za grijanje prostorija i vode, hlađenje, osvjtljenje i druge instalacije i troškovi.

Nacionalni plan povećanja broja zgrada gotovo nulte potrošnje energije definira zahtjeve koje mora ispuniti svaka država članica EU. Navedeni su ciljevi i zahtjevi te projekti koji se bave tim problemima. Opisan je postupak dobivanja sredstava za izgradnju i obnovu kuća, izvori financiranja i preduvjeti za dobivanje sredstava.

## 2. Općenito o „Zero energy“ kućama

Kuća nulte energije (*eng. zero energy house*) objekt je s godišnjom nultom neto energetsom potrošnjom i nultom neto emisijom ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>).

Drugim riječima, ova vrsta objekta pokriva svoju godišnju potrošnju energije uz pomoć sunčeve energije i drugih obnovljivih izvora energije te tako smanjuje emisije ugljikovog dioksida.

U praksi „Zero energy“ kuća periodično energiju dobiva iz energetske mreže, a periodično proizvodi energiju koju šalje direktno u energetska mrežu. Obnovljivi izvori energije na objektu su primijenjeni sezonski. Postoje vrste „Zero energy“ kuća koje su u potpunosti odvojene od energetske mreže. Unutar kompleksa se energija proizvodi uz pomoć različitih sustava za iskorištavanje obnovljivih izvora energije (vjetar, sunce, voda) koji ne zagađuju okoliš te tako objekt ima vrlo niske emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) u atmosferu. [1]

Ovakvi objekti nemaju tradicionalan sustav grijanja, nego koriste spremnik topline kojim premošćuju potrebe za toplinom ovisno o vremenskim prilikama, imaju 40 do 60 cm debeo sloj toplinske izolacije.

Da bi konačna bilanca bila povratna ova vrsta kuće u povoljnim uvjetima višak proizvedene električne energije plasira, a u nepovoljnim uvjetima preuzima energiju iz javne opskrbe mreže. [2]

Na slici 2.1. prikazan je vanjski izgled „Zero energy“ kuće s vidljivim solarnim panelima.



Slika 2.1. „Zero energy“ kuća

## 2.1. Definicije „Zero energy“ kuća

Postoji više različitih definicija „Zero energy“ kuća [1]:

**Nulta neto potrošnja energije unutar kompleksa** (*eng. net zero site energy use*) - količina energije proizvedena unutar kompleksa koristeći obnovljene izvore energije jednaka je količini energije koja je potrošena unutar kompleksa. Ovom definicijom se definira kuća nulte potrošnje u SAD-u.

**Nulta neto potrošnje izvorne energije** (*eng. zero source energy use*) – kuća proizvodi istu količinu energije koju i potroši, a uz to mora proizvesti i energiju koja se troši prilikom transporta energije do kuće. S obzirom da ovaj tip u kalkulaciju uzima i gubitke prilikom prijenosa električne energije, ova vrsta kuće nulte energije mora generirati više električne energije od kuće s nultom neto potrošnjom energije unutar kompleksa.

**Nulta neto energetska emisija** (*eng. net zero energy emissions*) - izvan SAD-a i Kanade, kuća nulte energije definira se kao kuća s nultom neto energetskom emisijom, a to je poznato još i kao kuća bez ugljičnog otiska ili kuća bez emisija. Pod ovom definicijom podrazumijeva se balansiranje ugljičnih emisija koje su generirane upotrebom fosilnih goriva unutar ili izvan kompleksa s količinom energije koja je unutar kompleksa proizvedena koristeći obnovljive izvore energije. Ostale definicije ne uključuju samo emisije ugljika u fazi korištenja kuće, već se dodaju i emisije nastale prilikom konstruiranja i izgradnje kuće.

**Nulta neto cijena energije** (*eng.net zero cost*) - U ovom tipu kuće cijena kupovanja energije balansirana je s cijenom energije koja se prodaje mreži, a generirana je unutar kompleksa. Ovakav status ovisi o tome kako distributer energije nagrađuje generiranje energije unutar kompleksa (isplata, kompenzacija i drugo).

**Nulta potrošnja energije van kompleksa** (*eng.net off-site zero energy use*) - Prema ovoj definiciji kuća bi se mogla smatrati kućom nulte energije i u slučaju kad je 100% energije koju kupuje generirano pomoću obnovljivih izvora energije, čak i ako su ti izvori energije van kompleksa.

**Odvojena od mreže** (*eng. off-the-grid*) - Kuće nulte energije koje su odvojene od mreže, tj. nisu priključene na nikakav izvor energije koji nije unutar kompleksa. Takve kuće zahtijevaju distribuiranu proizvodnju energije iz obnovljivih izvora i pripadajuće kapacitete za pohranu te energije (za slučaj kad sunce ne sije, vjetar ne puše i slično). [1]

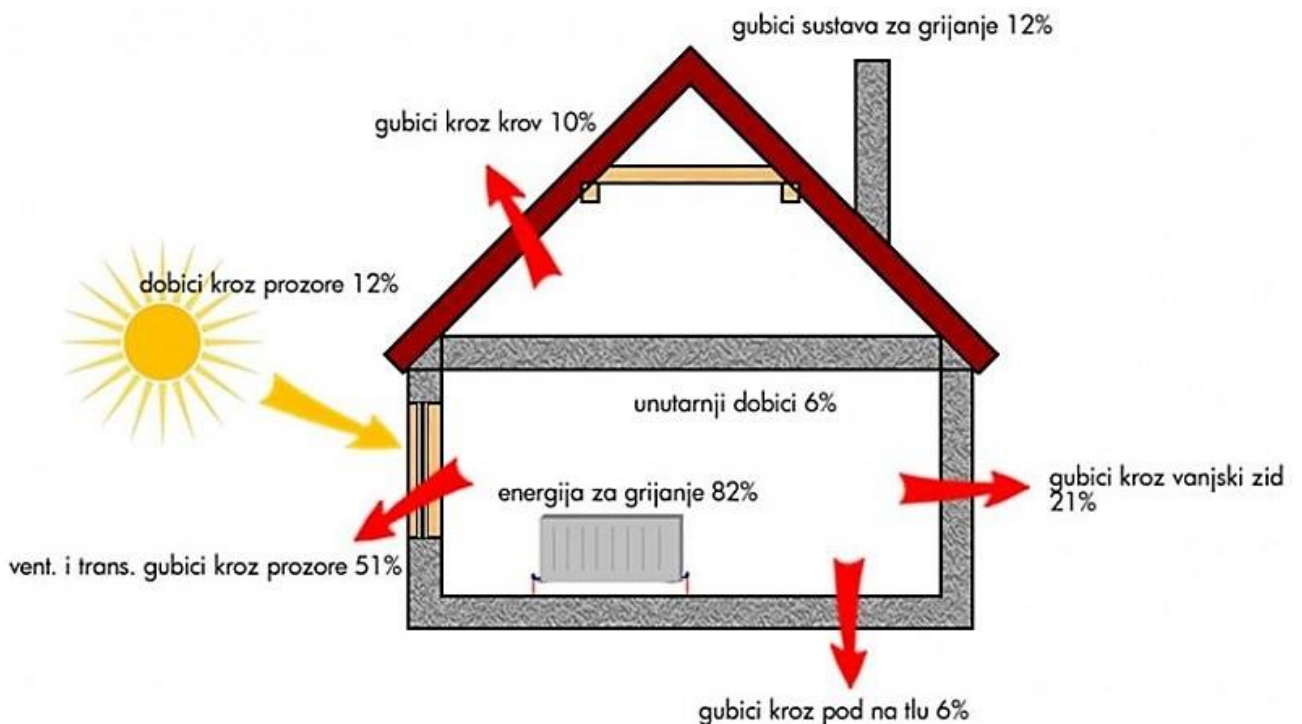
U ovom radu odlučujemo se za definiciju nulte neto potrošnje energije unutar kompleksa (*eng. net zero site energy use*). Cilj nam je da proizvedena količina energije pokriva svu potrebnu količinu energije ovakvog objekta uz što manje emisije CO<sub>2</sub>.

### 3. Sustavi u „Zero energy“ kućama

Na potrošnju energije u zgradi utječu [3]:

- karakteristike građevine
- energetske sustavi u zgradi
- klimatski uvjeti
- navike korisnika

Na slici 3.1. prikazana je energetska bilanca zgrade. Proizvedena i dobivena energija u kući uravnotežena je sa izgubljenom i potrošenom energijom. Energetska bilanca predstavlja količinu energije koja je potrebna za zadovoljavanje toplinskih potreba. Ona balansira toplinske dobitke s gubicima gdje se u slučaju uravnoteženja postiže toplinska ugodnost. Toplinski dobitci su: energija za grijanje prostora, dobivena toplinska energija od sunca i dobivena unutarnja toplinska energija. Toplinski gubici su: gubici u sustavu za grijanje, gubici u sustavu ventilacije, transmisijski gubici, gubici kroz krov, vanjski zid i pod na tlu. Gubici u zgradi nastaju zbog nesavršenosti sustava. Toplinski gubici sustava grijanja nastaju zbog korištenja goriva koje nije moguće u potpunosti iskoristiti, gubici ventilacijskog sustava nastaju zbog provjetravanja i ventilacije zgrade, gdje se dio energije prenosi u okolinu. Transmisijski gubici su rezultat nesavršenosti toplinske izolacije zgrade, zbog čega se kroz vanjske zidove, prozore, podove i krov dio energije rasipa u okolinu. Oni ovise o karakteristikama materijala, kvaliteti toplinske izolacije, stolarije i sl. [4]



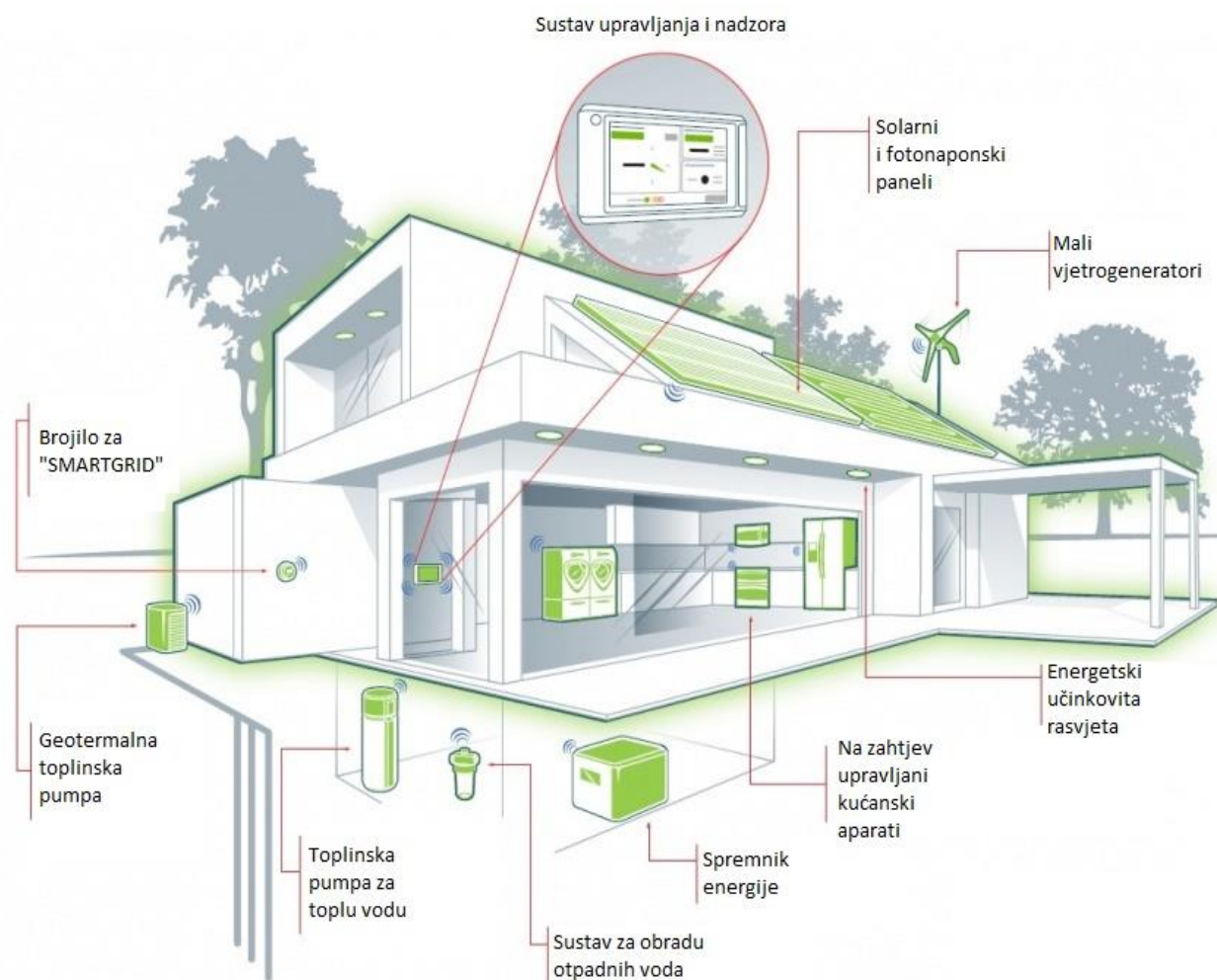
Slika 3.1. Bilanca energije zgrade

Zbog ovakvih velikih toplinskih gubitaka u standardnim zgradama uvodimo nove principe građenja i sustava u zgradama, gradimo energetske učinkovitije zgrade. „Zero energy“ kuće koriste sustave za grijanje, hlađenje, ventilaciju u kojima se minimiziraju gubici, koristi se bolja izolacija i tako znatno smanjuju transmisijski gubici te tako postiže toplinska ugodnost i pozitivniji utjecaj na okoliš.

Da bi „Zero energy“ kuće samostalno pokrile i smanjile vlastitu potrošnju energije zahtijevaju novi pristup konstruiranju i izgradnji koji odstupa od standardnog. Ovakve kuće su u većini slučajeva superizolirane. Danju svjetlost i unutarnju temperaturu s minimalnim mehaničkim sredstvima osiguravaju sunčeva toplina i svjetlost, vjetar i hlađenje zemlje ispod kuće. „Zero energy“ kuće izgrađene su s mogućnosti značajne uštede energije. Korištenjem visoko učinkovite opreme, dodatne izolacije, visoko učinkovitih prozora, prirodne ventilacije i druge tehnike smanjena je upotreba energije za grijanje i hlađenje. Ove značajke ovise o klimatskim zonama u kojima se konstrukcija nalazi. Potrošnja potrebne energije za toplu vodu može se smanjiti upotrebom očuvane vode, solarnog grijanja, visoko učinkovite opreme za grijanje i povratom topline preko otpadne vode. Ostala potrošnja energije u kućanstvu može se smanjiti korištenjem učinkovitijih električnih uređaja, LED osvjetljenjem i drugim. [5]

Ove kuće su konstruirane tako da utrošenu energiju ponovno iskoriste. Mogu iskoristiti toplinu odvedenu iz hladnjaka za zagrijavanje vode, odvedenu toplu vodu iz kupaonice upotrijebiti kao izmjenjivač topline i toplinu iz uredske opreme i uređaja za zagrijavanje objekta. Toplinsku energiju koju standardne kuće ispuste u okoliš „Zero energy kuće“ maksimalno iskoriste. Povrat topline mogu iskoristiti ventilacijom, toplinom iz tople vode, kombinacijom energije i topline i apsorpcijom hladnjakom. „Zero energy“ kuće raspoloživu energiju pohranjuju za potrebe električne energije, grijanja ili hlađenja i ventilacije. Za opskrbljivanje kuće toplinskom i električnom energijom te hlađenjem koriste se različiti sustavi i tehnologije, kao što su solarne ćelije, vjetroturbine za električnu energiju, biogoriva ili solarni termokolektori. [5]

Da bi ostvarili energetske kriterije (maksimalni utrošak energije) za grijanje odnosno hlađenje, potrošnju primarne energije za grijanje, toplu vodu i električnu energiju nužno je koristiti obnovljive izvore i spremnike energije. Slika 3.2. nam pokazuje energetske komponente „Zero energy“ kuće. [6]

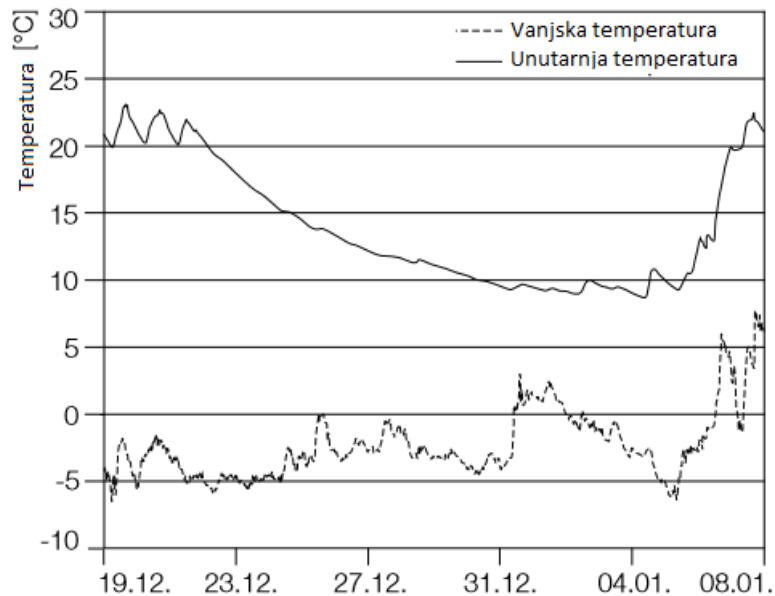


Slika 3.2. Energetske komponente „Zero energy“ kuće

### 3.1. Sustavi grijanja i hlađenja

Unutarnja temperatura „Zero energy“ kuće u srednjoeuropskoj klimi čak i bez grijanja obično ne pada ispod  $10^{\circ}\text{C}$  (slika 3.1.1.) Ta temperatura rezultat je uravnoteženja dobitaka topline korištenjem sunčeve energije, topline od ljudi i uređaja s gubitkom topline od prijenosa i ventilacije. Građevinska konstrukcija kuće omogućuje da unutarnja temperatura drastično ne pada, kada se kuća ne zagrijava ili raste kada je vanjska temperatura visoka. U praksi, unutarnje temperature ovise o ponašanju korisnika (prozračivanje, zaštita od sunca). [7]





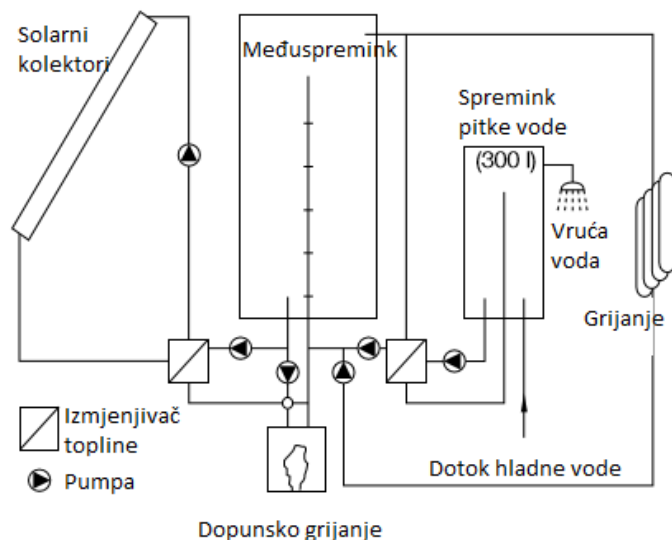
Slika 3.1.1. Krivulja hlađenja unutarnje temperature u „Zero energy“ kući

### Solarni sustav za grijanje i toplu vodu

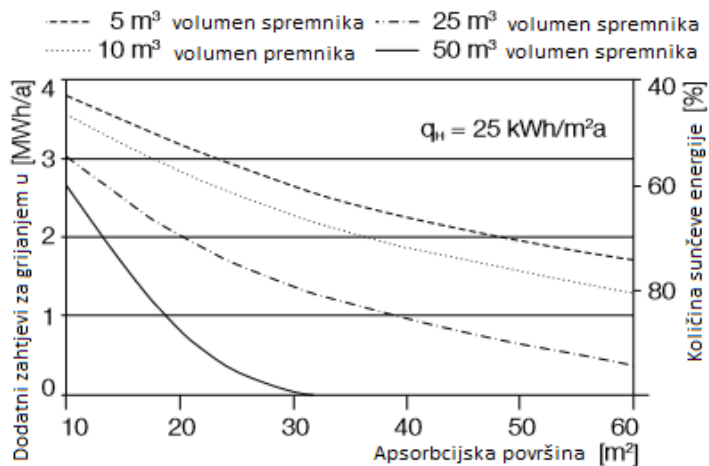
U aktivnoj uporabi solarne energije preko kolektora, za skladištenje topline služi spremnik za vodu. Toplinska izolacija spremnika omogućuje dulje skladištenje.

Jednostavan primjer potpune termičke opskrbe stambene kuće od 150 m<sup>2</sup> pokazuje potrebne dimenzije. Ovaj sustav temelji se na pločastim kolektorima i velikom spremniku za vodu (slika 3.1.2. i 3.1.3.). Ako se solarnom energijom želi pokrivati zagrijavanje vode i potpuno grijanje objekta (25 kWh/m<sup>2</sup>) minimalna potrebna površina kolektora mora biti 30 m<sup>2</sup> uz spremnik volumena najmanje 50 m<sup>3</sup>. Ovakav sustav, uz potrebnu toplinsku izolaciju spremnika, zahtijeva 5-10 % obujma zgrade. Geometrijska optimalizacija je u praksi vrlo važan čimbenik. [7]

Sustav u prosječnim klimatskim uvjetima može pokriti potrebnu energiju za cijelu godinu. Naravno, u praksi to prvenstveno ovisi o redoslijedu sunčanih i oblačnih dana, dugotrajna razdoblja lošeg vremena nisu pogodna. Mnogi uspješni projekti nalaze se u planinskim područjima koja su osunčana i tijekom zimskih mjeseci. [7]



Slika 3.1.2. Shema solarnog elektroenergetskog sustava za toplu vodu i grijanje prostora



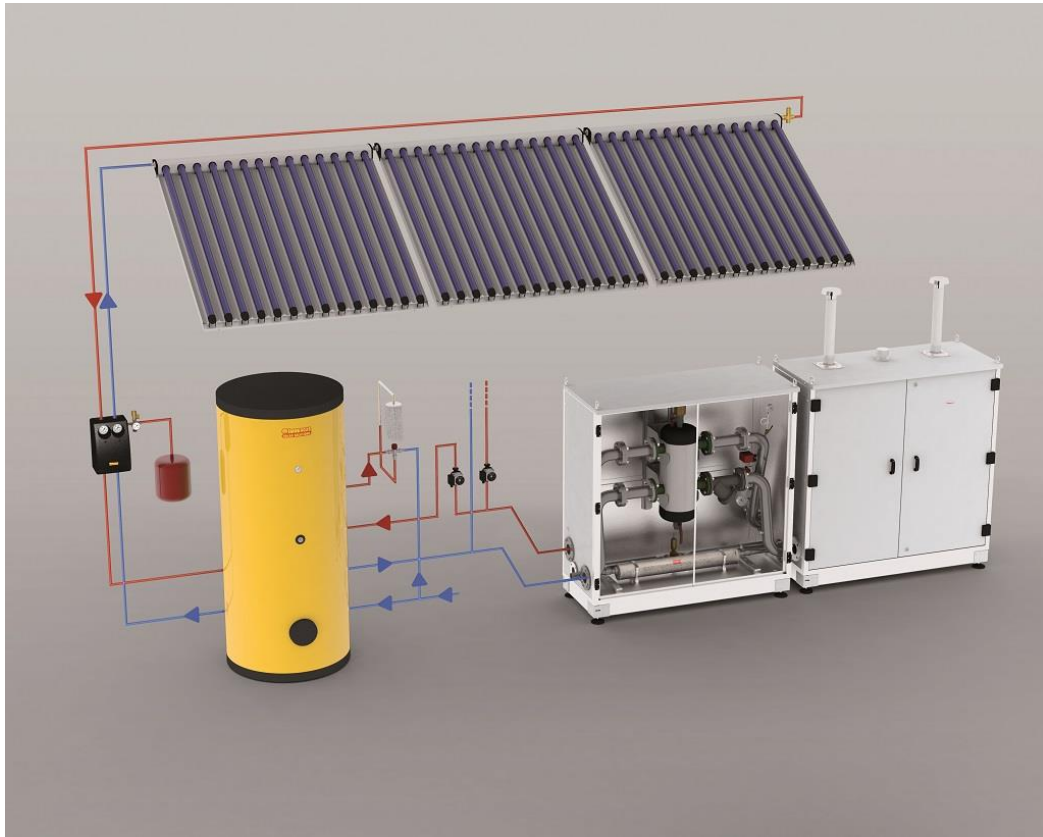
Slika 3.1.3. Dodatni zahtjevi za grijanje i količina sunčeve energije kod sustava za toplu vodu i grijanje kod stambene kuće 150m<sup>2</sup>



Slika 3.1.4. Solarni spremnik



Slika 3.1.5. Solarni kolektori na krovu

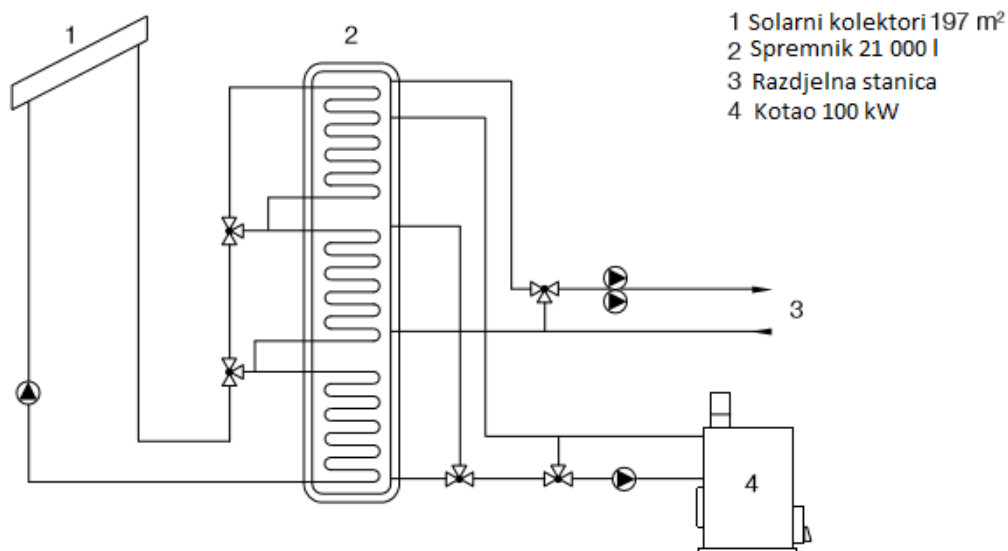


*Slika 3.1.6. Solarni sustav za grijanje i toplu vodu*

Primjer solarnog grijanja s visokom stopom pokrivenosti solarne energije je solarni sustav stambenog kompleksa „Samer Mösl“ u austrijskom Salzburgu (slika 3.1.7. i 3.1.8.). Sustav se temelji na ravnim pločastim kolektorima montiranih na ravnom krovu zgrade, površina kolektora je 200 m<sup>2</sup>. Spremnik je visine 11 m, a promjera 1.6 m, kapacitet spremnika je 21 m<sup>3</sup>. [7]



*Slika 3.1.7. Stambeni kompleks "Samer Mösl", Salzburg, Austrija, 2006.*



Slika 3.1.8. Shema sustava grijanja „Samer Mösl“projekta

### Spremnik u kombinaciji s toplinskom pumpom

Druga mogućnost je poboljšana uporaba skladištenja u kombinaciji sa toplinskom pumpom (slika 3.1.9. i 3.1.10.). Na taj način mogu se koristiti i niže temperature za zagrijavanje tople vode i za grijanje prostora tako što se „pumpaju“ do korisnih temperatura. To povećava učinkovitost kolektora jer su ukupne razine skladištenja niže. Međutim, toplinske pumpe troše znatnu količinu električne energije. [7]

Toplinske pumpe omogućuju prijenos toplinske energije iz sustava niže temperaturne razine (zemlja, voda, zrak) u sustav više toplinske razine (centralno grijanje) korištenjem dodatne energije rada (struja za kompresor) pomoću kružnog procesa. Princip rada toplinske pumpe je jednostavan, možemo ga usporediti s kućanskim hladnjakom u obrnutoj funkciji, on grije umjesto da hladi. Energija iz okoline 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 ogrjevnu vodu u sistem centralnog grijanja, nakon toga se vraća u isparivač. [8]

Umjesto velikog spremnika tople vode u kući moguće je koristiti tlo kao spremnik za sezonsku pohranu niske toplinske energije koja se kroz geotermalne sonde puni i prazni. Drugačije nego kod spremnika, toplina se crpi isključivo toplinskom pumpom pošto temperatura u tlu od oko 10° C nije dovoljna za izravno grijanje objekta. Velika prednost ovakvih sustava je što ne zauzimaju veliki prostor za skladištenje. Kod instalacije sa geotermalnim sondama vrlo je bitno određivanje rasporeda sondi i dubina bušenja (slika 3.1.11.).

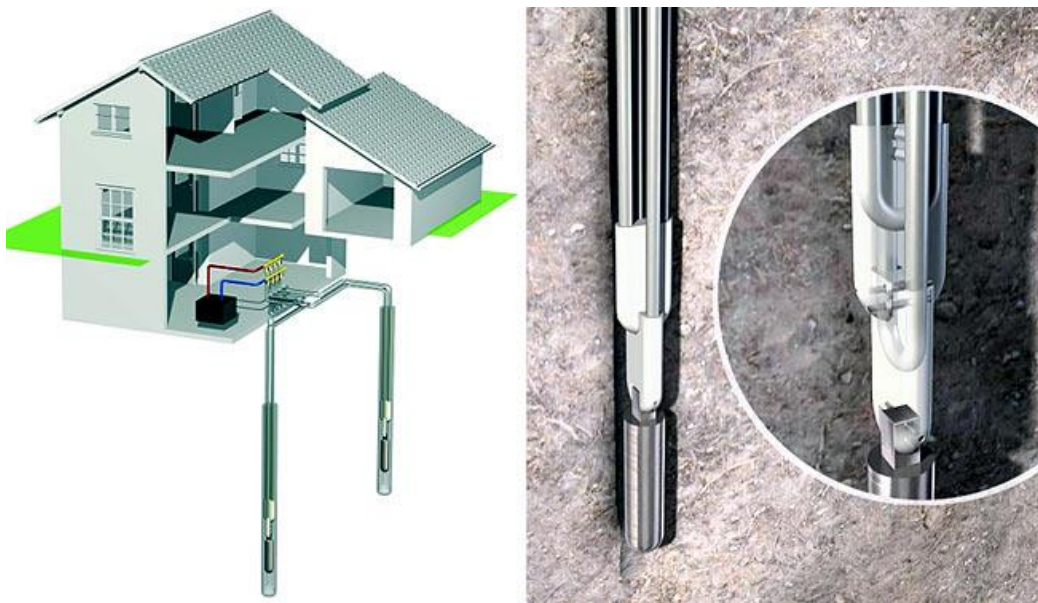
Ovakvi sustavi nisu samostalni jer tijekom zime ovise o električnoj energiji (slika 3.1.12.). Geotermalne sonde se također mogu koristiti za ljetno hlađenje objekta (slika 3.1.13.). [7]



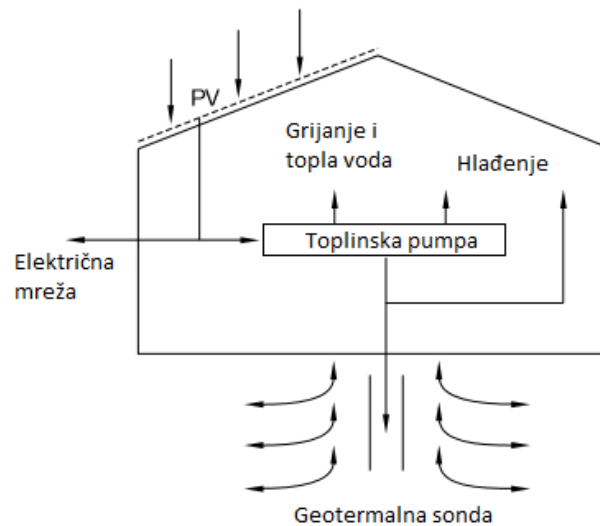
*Slika 3.1.9. Geotermalna toplinska pumpa*



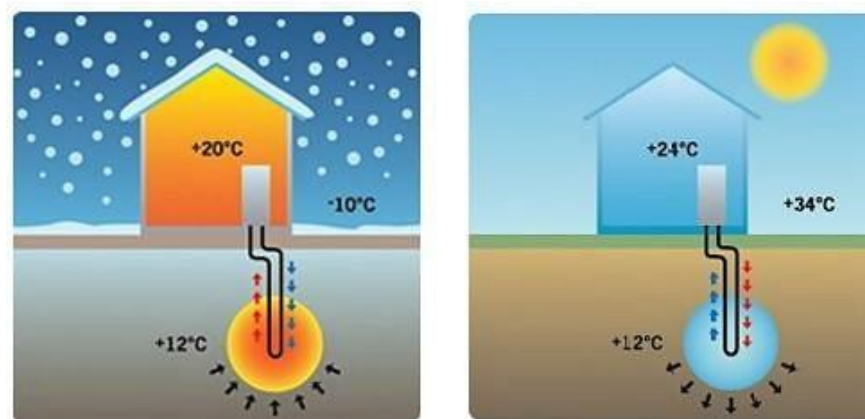
*Slika 3.1.10. Sustav sa spremnikom, toplinskom pumpom i sondama*



*Slika 3.1.11. Dobivanje energije iz bušotine za grijanje i hlađenje geotermalnim sondama*



Slika 3.1.12. Sezonska pohrana toplinske energije prenesena iz zgrade u zemlju



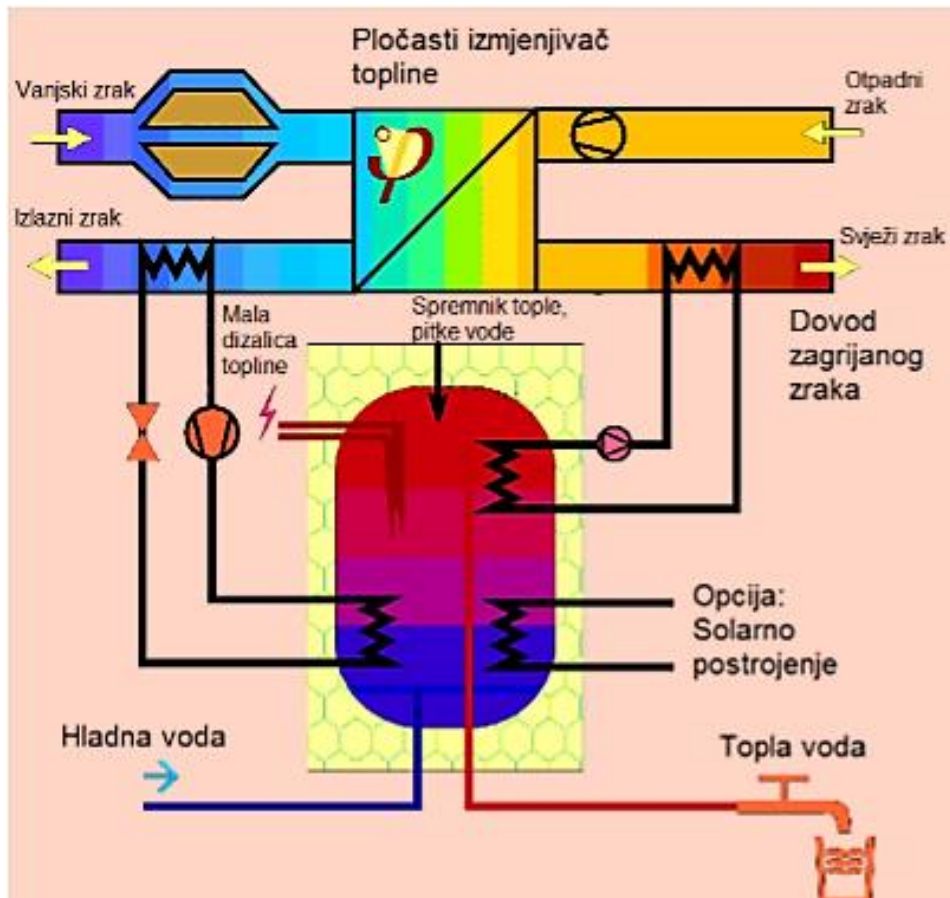
Slika 3.1.13. Prikaz grijanja i hlađenja pomoću toplinske pumpe

### Sustav grijanja, hlađenja i ventilacije (HVAC)

Proces grijanja, hlađenja i ventilacije se temelji na principima mehanike fluida, termodinamike i prijenosa topline. Cilj kod projektiranja ovakvih sustava je minimizacija troškova za postizanje određenog komfora uz koju se smanjuje i utrošak energije i proizvodnje CO<sub>2</sub>. Shema jednostavnog integriranog HVAC (eng. *heating, ventilation, air conditioning*) sustava prikazana je na slici 3.1.14. [6]

Tijekom ciklusa grijanja sustav ventilacije zraka predgrijava vanjski zrak u izmjenjivaču topline i miješa s dijelom otpadnog zraka te se ta mješavina dodatno zagrijava na izlazu iz izmjenjivača topline i razvodi po cijelom objektu. Iz drugog dijela otpadnog zraka, koji se ispušta u okolinu, toplinska pumpa izvlači i pohranjuje energiju u toplinski spremnik (spremnik tople pitke vode u ovom slučaju). Spremnik je moguće dodatno zagrijevati geotermalnom toplinskom pumpom, solarnim panelima i drugim obnovljivim izvorima energije. [6]

Kod hlađenja objekta proces je obrnut. Koristi se hladna voda koja također geotermalnom toplinskom pumpom (koja kod hlađenja radi u suprotnom smjeru) hladi vrući ulazni zrak koji se miješa sa hladnim otpadnim zrakom. [6]

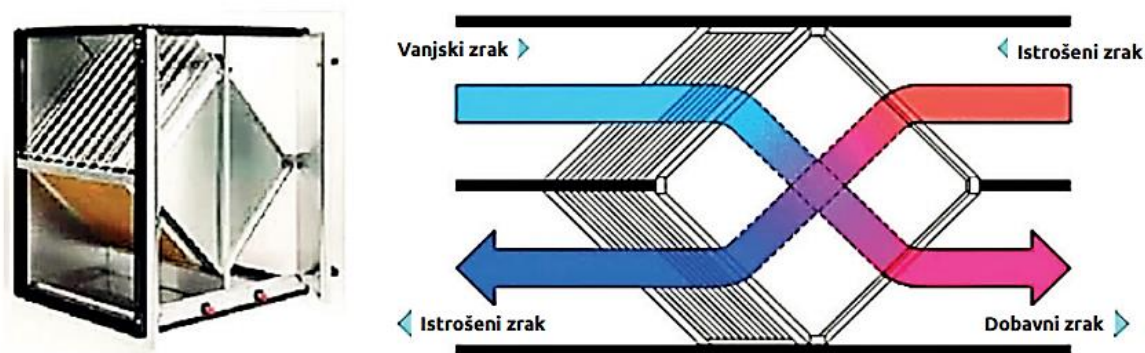


Slika 3.1.14. Jednostavan integriran sustav grijanja, hlađenja i ventilacije (HVAC)

## 3.2. Sustavi ventilacije

U standardnim kućama kroz vanjsku stolariju struji mala količina zraka zbog koje dolazi do gubitaka topline zimi, a hladnoće ljeti. „Zero energy kuća“ mora biti gotovo nepropusna za zrak.

Potrebno je ugrađivanje posebnih ventilacijskih sustava koji dovode i odvođe zrak bez toplinskih gubitaka. Takva je rekuperatorska ventilacija koja ima mogućnost odvesti toplinu iz odvedenog zraka te ju predati dovedenom zraku pomoću izmjenjivača topline. Ovakvim sustavom se osigurava visoka razina komfora, uklanja akumulirana vlaga i sprječava nastajanje plijesni u kući. Sustavi za strojno prozračivanje svježih zrak ubacuju u glavne prostorije zgrade (dnevni boravak, ured, spavaće sobe i sl.). U prostorijama sa značajnim opterećenjem i emisijom, kao što su kuhinja, kupaonica, wc obavlja se izvlačenje iskorištenog zraka. Zimi se iskorišteni zrak vraća u jedinicu za povrat topline. Važan dio sustava je filter koji izdvaja prašinu, pelud i ostala onečišćenja. Za visoku kvalitetu zraka se filteri moraju redovito izmjenjivati. [9]

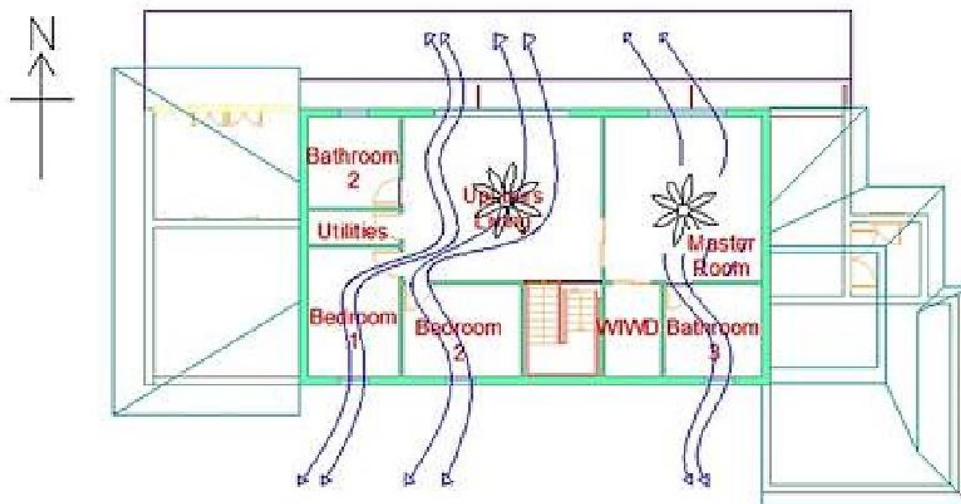


Slika 3.2.1. Pločasti rekuperator – sustav povrata osjetne topline

### Pasivna ventilacija kuće

Ventilacija u „Zero energy“ kući može biti i pasivna, cirkulacijom zraka iz hladnijih prostora prema toplijima. Kako bi se postiglo uspješno pasivno hlađenje i prozračivanje kuće moraju se projektirati vjetrovi za hlađenje i ograničena izloženost izravnom suncu. Uske dugačke kuće kontroliraju pasivno hlađenje jer stvaraju dobar put kako bi vjetar prolazio kroz unutrašnjost kuće. Južna strana je pogodna za prozore namijenjene za prozračivanje jer ne zahtjeva zasjenjivanje. Na slici 3.2.2. prikazan je dobar raspored prozora i putanje strujanja zraka kroz unutrašnjost kuće. [10]





Slika 3.2.2. Pasivna ventilacija (strujanje zraka kroz unutrašnjost kuće)

### 3.3. Sustavi električne energije

U Europi su kuće bez priključka na električnu mrežu rijetke. Razlozi za to su što za razliku od opskrbe toplinom opskrba električnom energijom ima oštro definiranu granicu: bez nje ne mogu sustavi i uređaji funkcionirati. [7]

„Zero energy“ kuća sama proizvodi električnu energiju. To je moguće kogeneracijskim postrojenjem ili vlastitom solarnom elektranom, vrlo važno je energiju racionalno koristiti.

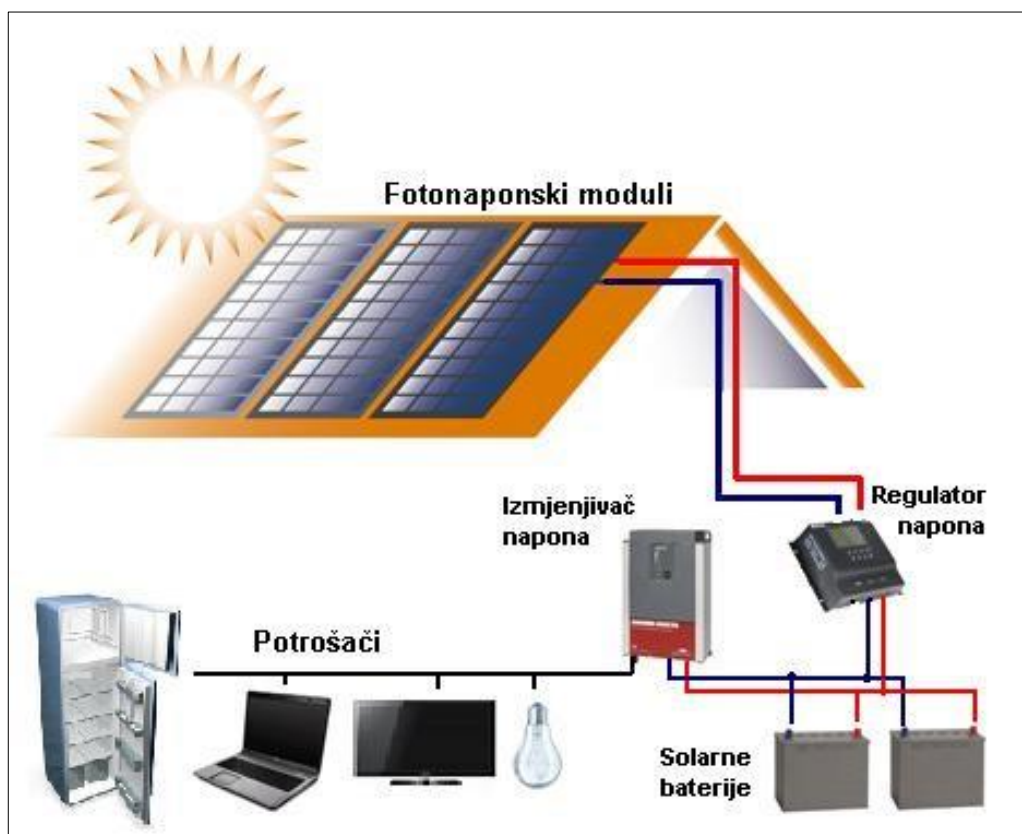
U elektrotehničkom dijelu izgradnje važne su dvije komponente [9]:

- vlastita proizvodnja električne energije koja je moguća fotonaponskim sustavima, solarnim elektranama ili kogeneracijskim sustavima
- energetske učinkovite potrošnje električne energije koju postižemo korištenjem niskoenergetske rasvjete, ekonomičnih kućanskih uređaja i ugradnjom pametnog mjerenja i nadzora potrošnje

Najčešće tehnologije proizvodnje vlastite električne energije su vjetrogeneratori (vjetroelektrane) i fotonaponski paneli (solarne elektrane) (slika 3.3.2.). Za kuće su zanimljivi mali vjetrogeneratori snage do nekoliko desetaka kW, koji se mogu koristiti kao dodatni izvor ili primarni izvor energije (u udaljenim područjima). Takva rješenja su trenutno još visoke cijene (min. 1000 €/kW). [9]

Pristupačnije rješenje su proizvodnja električne energije iz solarnih kolektora. One su pouzdani, dugotrajni i tihi uređaji za proizvodnju električne energije, nemaju pokretnih dijelova i ne ispuštaju onečišćujuće tvari u atmosferu. Životni vijek fotonaponskog modula je preko 30 godina i jedan je od najpouzdanijih poluvodičkih proizvoda. Fotonaponski moduli čine najveći dio troška solarne elektrane i služe za konverziju svjetlosti u istosmjernu električnu energiju varijabilnog napona i struje. Pričvršćuju se na krov pomoću konstrukcije za montažu, ulančavaju se u nizove kako bi se postigao potrebni napon te u paralelne grane kako bi se postigla veća ukupna struja. Da bi optimalno radio svaki sustav je potrebno zasebno dimenzionirati. Fotonaponski izmjenjivač je glavna poveznica fotonaponskih modula i elektrodistribucijske mreže. Uređaj služi za pretvorbu istosmjerne struje s izlaza fotonaponskog polja u izmjeničnu, prikladnu za slanje u zgradu ili elektroenergetsku mrežu. [9]

Konstrukcije za montažu fotonaponskih modula su tipska rješenja za svaku vrstu krova, uglavnom se koriste aluminijske šine koje se pričvršćuju na krov, ostale komponente su istosmjerni i izmjenični kabelski razvod i razvodni ormar solarne elektrane. [9]



*Slika 3.3.1. Shema fotonaponskog sustava*



*Slika 3.3.2. Vjetrogeneratori i fotonaponski paneli*

## **Rasvjeta**

„Zero energy“ kuća treba imati učinkovitu rasvjetu. Učinkovitost rasvjete postiže se na nekoliko načina [9]:

- izborom rasvjete, dizajnom i uporabom visoko učinkovitih rasvjetnih sustava temeljenih na LED-u (slika 3.3.3.)
- kontrolom rasvjete s ručnim i automatskim zatamnjenjem
- uporabom uporabljivih elektroničkih prigušnica s manjim gubicima
- korištenjem dnevnog svjetla

Pri projektiranju rasvjete treba zadovoljiti energijske i svjetlotehničke zahtjeve (odgovarajuća raspodjela svjetlosnog toka, svjetlosne jakosti, ograničenje bliještenja, odgovarajuća učinkovitost). [9]



*Slika 3.3.3. LED žarulje*

## **Sustav upravljanja zgradom i potrošnjom energije**

Sustav za upravljanje zgradom i potrošnjom energije daje korisniku podatke o količini i mjestu potrošnje energije (vode, plina, struje, topline). Sistem nudi energetska troškovnu bilancu pa tako korisnik može utvrditi gdje se sve troši energija kako bi mogao djelovati, da bi poboljšao energetska učinkovitost. Moderna brojila potrošnje energenata mjere potrošnju i podatke šalju do glavnog uređaja za mjerenje (PLC, eng. *programmable logic controller*). PLC uređaj putem računalne mreže šalje podatke na lokalno ili udaljeno računalo. Na drugoj strani nalazi se SCADA sustav (eng. *supervisory control and data acquisition*), on objedinjuje prikupljanje podataka iz jednog ili više postrojenja te u suprotnom smjeru može slati upravljačke naredbe. Korisnicima je na ovaj način omogućen nadzor nad objektom i svim sustavima. [9]

Tako korisnik troši većinu proizvedene energije, a dio koji mu je višak može prodati. Prodajna cijena je od 0,28 do 0,31 kn/ kWh. Najisplativije je koristiti što veći dio energije za vlastite potrebe. [9]

## 4. Analiza izgrađenog objekta - Stambena kuća u Riehen-u, Švicarska

Montažna kuća u Riehen-u (Švicarska, 2007.) namijenjena za dvije obitelji, sagrađena je u okviru programa dodjele bespovratnih sredstava upravnog okruga u Baselu. Program pruža tehničku i financijsku potporu za ogledne projekte koji su ekološki, ekonomski i socijalno povezani u smislu održivog građenja. Ova kuća je zbog svoga arhitektonskog izgleda i učinkovitosti predstavnik za više od 6000 švicarskih MINERGIE stambenih kuća izgrađenih do 2010. godine. [7]

MINERGIE je švicarska zaštićena marka za održivu gradnju. Ima najviši energetske standard za niskoenergetske kuće u Švicarskoj. Zahtjevi su različito definirani za dvanaest tipova objekata (uprave, škole, restorani, bolnice, industrije, sportski sadržaji...). Isto tako su različiti zahtjevi za sanacije i nove zgrade. MINERGIE kuće funkcioniraju na osnovnom principu sprečavanja i minimiziranja gubitaka topline i iskorištenju solarne energije. [11]



*Slika 4.1. Stambena kuća u Riehen-u*

Početkom planiranja cilj investitora bio je stvaranje vrlo učinkovite kuće temeljene na MINERGIE standardu. Međutim, administrativna četvrt Baselovog programa „poticaj za plus energetske gradnju“ probudila je svoj interes za objekt koji bi mogao stvoriti pozitivnu energetske ravnotežu. Program subvencionira 40% troškova fotonaponskog sustava. Sustav nadopunjuje već planirane solarne kolektore na krovu. Zahvaljujući ulaznoj tarifi od oko 0,48€/kWh zajamčenoj dvadeset godina, sustav će nadoknaditi troškove u roku od dvanaest godina. [7]

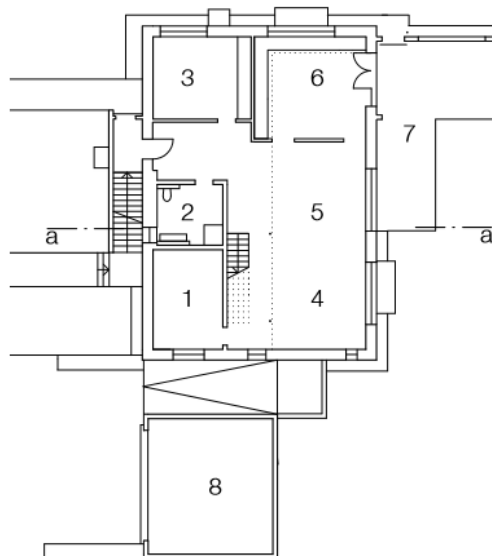
## 4.1. Arhitektura stambene kuće u Riehen-u

Veliki prozori na južnom pročelju omogućuju ulazak dovoljne količine dnevnog svjetla u unutarnje prostorije i podržavaju korištenje pasivne solarne energije. Na sjevernom pročelju nalazi se znatno manji broj prozora manjih dimenzija. Ekološki i ekonomski aspekti dizajna objekta imaju veliku važnost. Vidljiva značajka je drvena fasada izrađena od bijelog bora pričvršćena za drveni okvir. Prostori između okvira ispunjeni su kamenom vunom debljine 38 cm. [7]

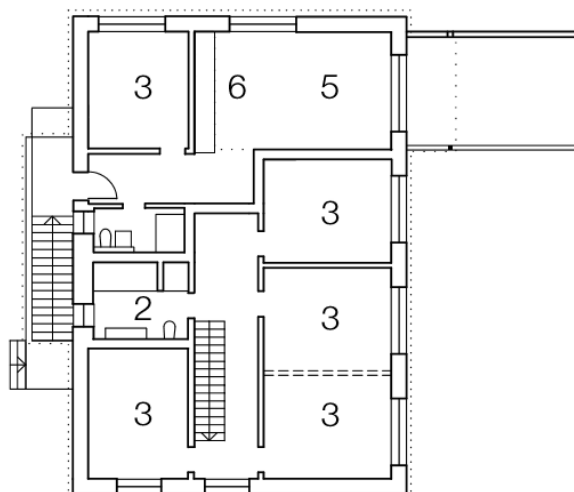
Centralni sustav ventilacije osigurava niske gubitke topline kod prozračivanja i adekvatnu kvalitetu zraka te tako ispunjava ključne kriterije MINERGIE statusa. Nakon završetka svih radova i 3 mjeseca stanovanja u kući su analizirani stupnjevi zagađivača za formaldehid kao i stope ukupnih isparljivih organskih spojeva. Razine su manje od 50% onih preporučenih vrijednosti švicarskog ureda za zdravstvo. [7]



*Slika 4.1.1. Presjek kuće*



*Slika 4.1.2. Tlocrt prizemlja*



*Slika 4.1.3. Tlocrt kata*

## **4.2. Analiza instalacijskih sustava stambene kuće u Riehen-u**

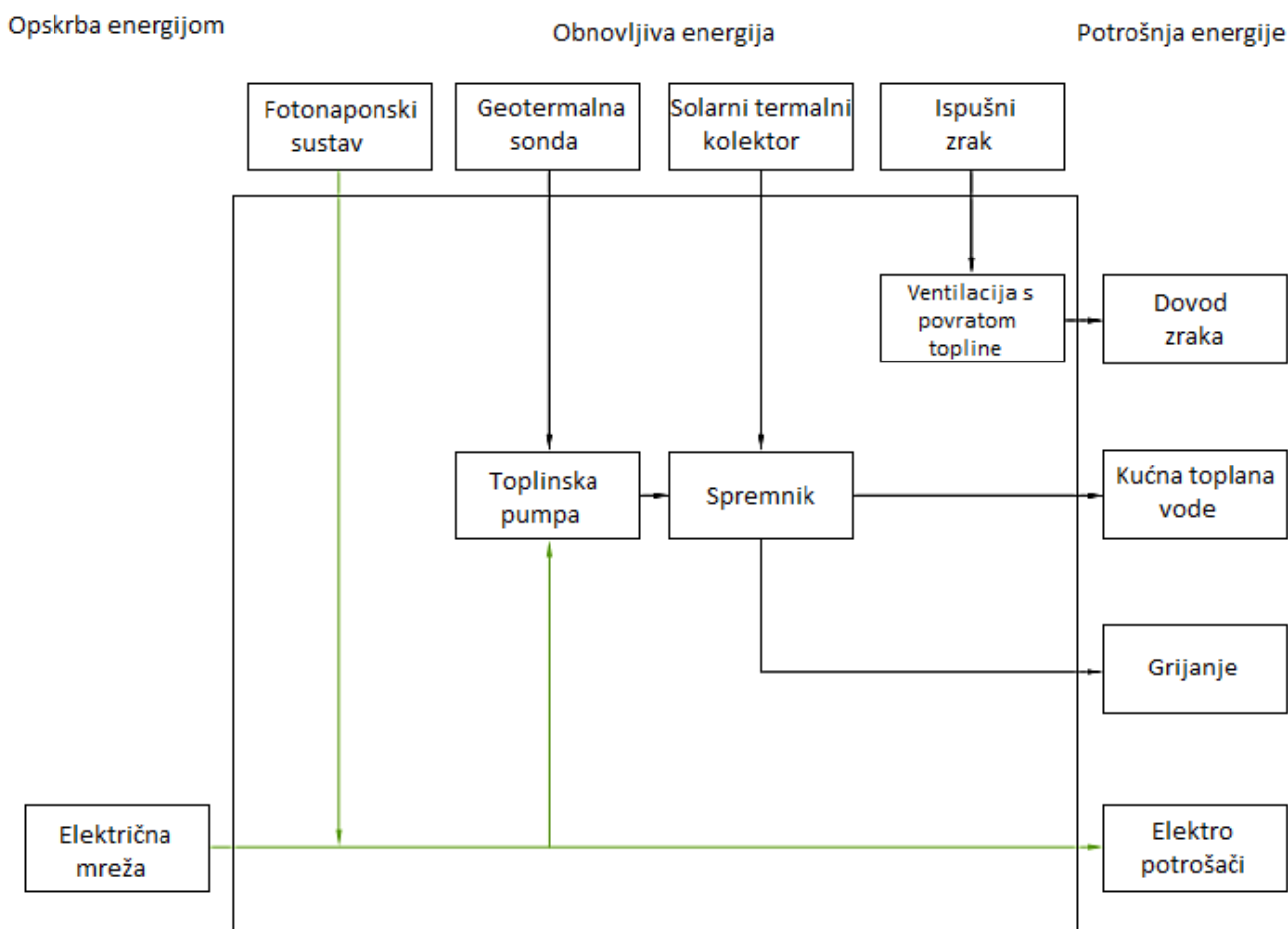
### **Energetska učinkovitost kuće**

Energetski koncept i pozitivna energetska ravnoteža temelje se na učinkovitosti zgrade koju određuje MINERGIE. Niski zahtjevi za grijanje rezultat su brojnih čimbenika. Kao prvo izuzetno kompaktnog dizajna zgrade, zatim dobro izvedene toplinske izolacije kamenom vunom debljine 38 cm (nepropusnost zraka  $n_{50} = 0,5/h$ ), prozora s koeficijentom prolaska topline od  $0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ventilacijskog sustava s učinkovitim povratom topline i kolektora za solarnu toplinsku energiju. Osim toga, energetske učinkoviti kućanski uređaji smanjuju potrošnju energije. [7]

### **Energetska oprema u kući**

Geotermalna energija crpi se preko proizvedene bušotine dubine 120 m koja služi kao izvor topline za toplinsku pumpu i koristi se za opskrbu zrakom u ljetnim mjesecima.  $7,5 \text{ m}^2$  veliki solarni kolektori i fotonaponski sustav od  $14,4 \text{ kWp}$  koji služi za pokrivanje preostalih energetske potreba postavljeni su na ravnom krovu. Fotonaponski moduli pokrivaju  $84 \text{ m}^2$  i nagnuti su pod kutom od 10 stupnjeva, a solarni kolektori pod kutom od 30 stupnjeva. Oba sustava su jedva vidljiva sa ulice i ne narušavaju izgled kuće. [7]

Solarni kolektori pokrivaju 60% godišnje potrebe za zagrijavanje vode. Preostali zahtjevi za grijanje pokriveni su toplinskom pumpom. Zimi se vanjski zrak koji ulazi preko ventilacijskog sustava prethodno zagrijava polietilenskom cijevi koja služi kao izmjenjivač topline. Između ostalog za zagrijavanje prostorija služi podno grijanje. Ljeti se preko izmjenjivača topline omogućava hlađenje zraka kako bi stvorilo ugodnije životno okruženje (slika 4.2.1.). Sustavi su održani u skladu sa zahtjevima kuće. Jednostavno korištenje svim sustavima pridonosi udobnosti. [7]



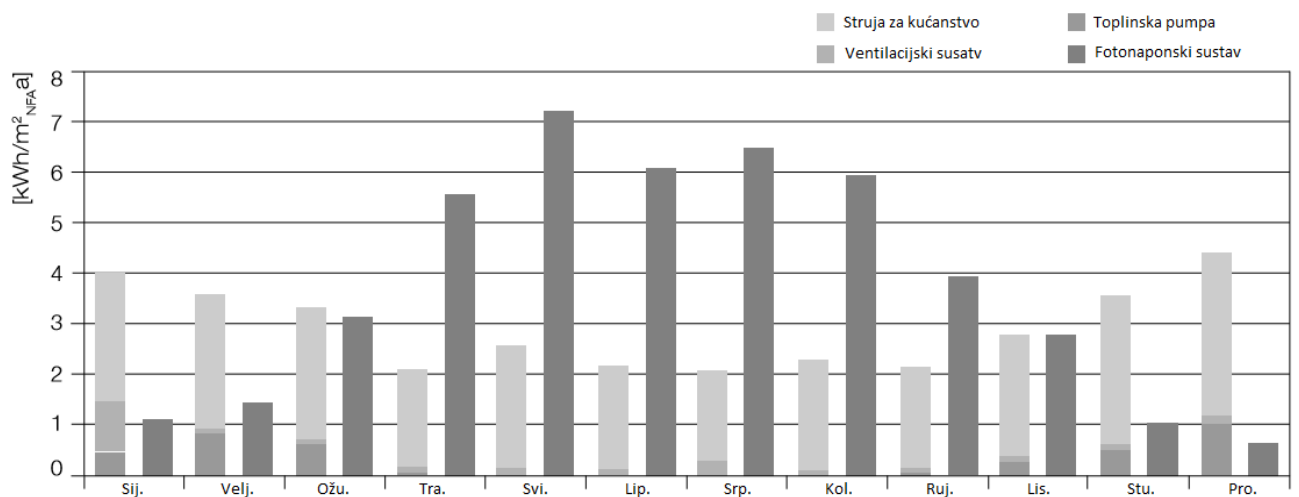
Slika 4.2.1. Tehnička shema opskrbe energijom

### Energetska bilanca kuće

Objekt ima pozitivnu godišnju energetska ravnotežu. Ukupno, solarna energija proizvodi oko 30% više električne energije nego što je ovoj kući potrebno za grijanje, toplu vodu, ventilaciju i kućanstvo. PV sustav spojen je na mrežu. Budući da je električna energija jedini izvor energije, potrošnja i proizvodnja mogu se izravno nadoknaditi bez razmatranja faktora energetske učinkovitosti. Dobivena električna energija izravno se uspoređuje s opskrbnom mrežom. [7]



Analiza podataka o potrošnji pokazuje, da operacija kuće zahtjeva više energije nego što je bilo predviđeno tijekom planiranja (slika 4.2.2.). Proučavanjem mjesečnog napredovanja vidljivo je da je fotonaponski sustav optimiziran za generiranje maksimalne električne energije, a ne i vlastite potrošnje. Iz dijagrama vidljiv je veliki višak energije između travnja i rujna, dok je tijekom zimskih mjeseci od studenog do veljače značajan deficit. Proizvodnja i potrošnja energije podudaraju se samo u ožujku i listopadu. Toplinska pumpa od travnja do rujna rijetko radi jer solarni kolektori zagrijavaju vodu, što dovodi do neuravnoteženosti potrošnje energije. Relativno visoka potrošnja energije za zgradu ne podrazumijeva posebne mjere uštede niti neuobičajeno visoku potrošnju energije. Pozitivna ravnoteža energije nadoknađuje utjelovljenu energiju kroz životni ciklus kuće. Međutim, višak nije dovoljan da potpuno kompenzira utjelovljenu energiju. [7]



Slika 4.2.2. Mjesečna bilanca električne energije

### 4.3. Iskustva stanara u kući

Ocjena stanara nakon dvije godine stanovanja u kući je pozitivna u svim pogledima. Ventilacijski sustav proizvodi ugodnu unutarnju klimu, a rashlađeni dovodni zrak u kombinaciji s vanjskim zasjenjenjem tijekom ljeta sprječava pregrijavanje. Nema većih promjena u načinu života ili potrošnji energije za generiranje više energije nego što se troši. [7]

Kuća je 2008. godine u Švicarskoj nagrađena u kategoriji novogradnja. Bodovi su dodijeljeni za pažljivu integraciju sustava solarne energije uz suzdržani dizajn zgrade kao i na jednostavan, ali inovativan koncept energije. [7]

MJESTO	Riehen (CH)	PARAMETRI GRAĐEVINARSTVA	PARAMETRI IZGRADNJE
Godišnje globalno zračenje	1100 kWh/m <sup>2</sup>	Područje solarnih kolektora	Neto površina
Godišnja srednja temperatura	10.1 °C	Površina po m <sup>2</sup>	302 m <sup>2</sup>
Okruženje	prigradsko	Područje fotonaponskog sustava	Bruto površina
		Površina po m <sup>2</sup>	315 m <sup>2</sup>
PARAMETRI IZGRADNJE		Fotonaponski kapacitet	Bruto volumen
U-vrijednost, vanjski zidovi	W/m <sup>2</sup> K	Kapacitet po m <sup>2</sup>	1600 m <sup>3</sup>
U-vrijednost, prozori	0.12		858 m <sup>2</sup>
(uključujući okvire)	0.84	INFRASTRUKTURA I ENERGETSKI IZVORI	Omjer površine i volumena
U-vrijednost, krovna površina	0.11	Infrastruktura opskrbe	0.54 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
U-vrijednost, strop iznad podruma /		Opskrba energijom	Troškovi izgradnje (neto,
podne ploče	0.10	Ugrađena infrastruktura	građevinski / tehnički sustavi)
Srednja vrijednost U, omotnica zgrade	0.19	Izvor energije	2020 €/m <sup>2</sup> (2007)
			Broj jedinica
			2
			Ukupan broj korisnika
			7
			PARAMETRI POTROŠNJE (2009)
			Potrošnja grijanja prostora
			11 kWh/m <sup>2</sup>
			Potrošnja grijanja vode
			14
			Potrošnja energije na gradilištu,
			grijanje (uključujući tople vode)
			5
			Potrošnja električne energije
			29
			Ukupna potrošnja primarne energije
			87
			Ukupna proizvodnja primarne energije
			115
			STRATEGIJE PROJEKATA, KONCEPTUALNI FOKUS
			Komponente pasivne kuće, MINERGIE-P koncept,
			mehanička ventilacija s povratom topline, solarni
			toplinski kolektori, toplinska pumpa za topline / voda,
			fotonaponski sustavi, ekološki čvrsti materijali

Tablica 4.3.1. Građevinski i energetske parametri za ocjenjivanje učinkovitosti (vrijednosti se odnose na neto površinu)

## 5. Isplativost izgradnje „Zero energy“ kuće

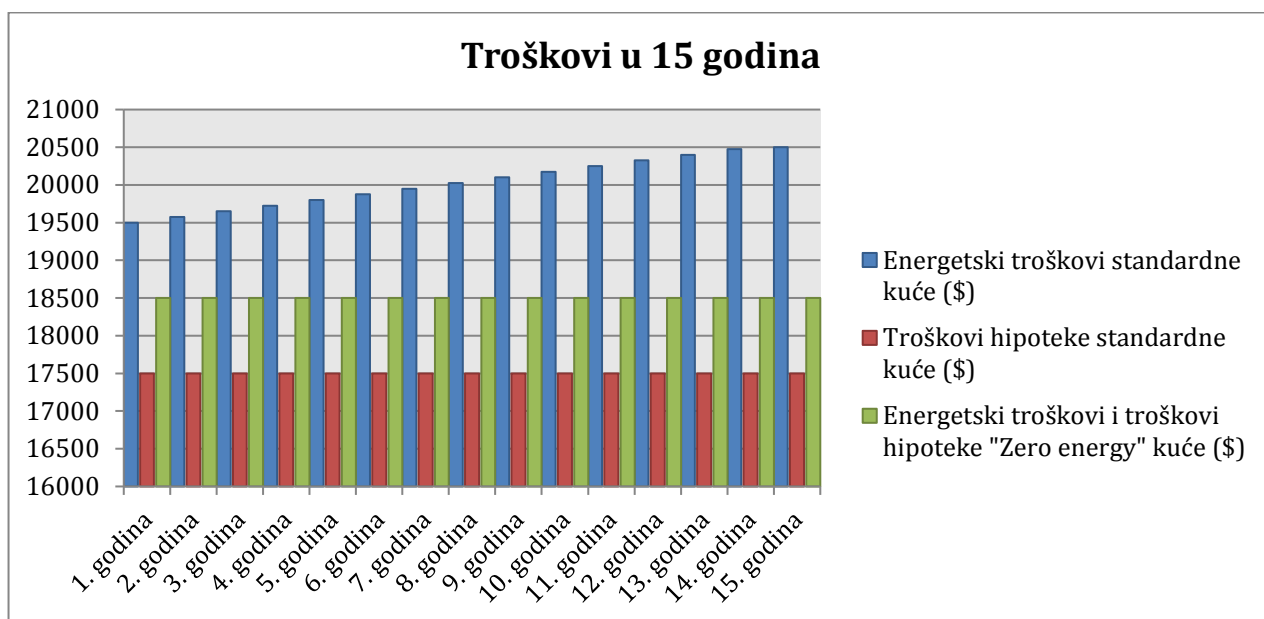
Kod vrednovanja novih visoko učinkovitih energetske kuća, dizajneri, graditelji, stanodavci i kupci obično govore u terminima „kuna po metru kvadratnom“. Rijetko uzmu u obzir ukupne troškove posjedovanja novog doma. Ukupni trošak vlasništva bi trebalo biti financijsko mjerilo pri vrednovanju energetske učinkovitih kuća i usporedbi sa sličnim standardnim kućama.

Ovisno o energetske poticajima, popustima i poreznim olakšicama koje stoje na raspolaganju u različitim državama, „Zero energy“ kuća u početku može koštati od 4% do 8% više od standardne kuće. Međutim, gledajući dugoročno trošak vlasništva ovakve kuće može biti znatno manji od standardne. U ukupne troškove uključena je mjesečna hipoteka i kamata, porezi i osiguranje, troškovi održavanja kuće, energije za grijanje prostorija, hlađenje, grijanje vode, osvjetljenje, kućanskih uređaja i elektronike. [12]

Sljedeći primjer opisuje dvije „Zero energy“ kuće u Oregonu (SAD) i pokazuje nam cijenu posjedovanja u usporedbi s drugim standardnim kućama u tom dijelu grada.

Prosječna prodajna cijena za ove dvije „Zero energy“ kuće je 420 000 \$. Prosječni dodatni troškovi za postizanje neto nula potrošnje energije u usporedbi s izgradnjom standardnih kuća bili su 4% veći odnosno 12 500 \$. Kako bi se isplatilo zemljište, izgradnja i dodatni troškovi za postizanje neto nule podigla se tridesetogodišnja fiksna hipoteka. Mjesečna rata hipoteke u prosjeku iznosila je 1 509 \$, a za slične standardne kuće iznosila je 1 464 \$. Naknada za priključenje na električnu mrežu za svaku „Zero energy“ kuću iznosila je 120 \$ godišnje, a za standardnu kuću u 2011. godini iznosila je 1 920 \$ (9,84 centi po kWh). Tako je mjesečna cijena „Zero energy“ kuće 150 \$ manja od standardne. [12]

Grafikon (slika 5.1.) u nastavku prikazuje prosječni ukupni trošak vlasništva „Zero energy“ kuće u usporedbi sa sličnim standardnim kućama u razdoblju od 15 godina, cijene su u porastu u prosjeku 3% godišnje. Povećanje od 3% se temelji na projekcijama za buduće cijene. Graf pokazuje, da će „Zero energy“ kuća proizvesti značajne uštede od 1260 \$ u jednoj godini te da je ukupna ušteda energije ovakve kuće u više od 15 godina 25.378 \$ sa 3% inflacije. [12]



Slika 5.1. Graf troškova „Zero energy“ kuće u usporedbi sa sličnim standardnim kuća

Cijena posjedovanja standardne kuće:	298 798 \$
Cijena posjedovanja „Zero energy“ kuće:	273 420 \$
<b>Neto ušteda:</b>	<b>25 378 \$</b>

## 6. Nacionalni plan povećanja broja zgrada gotovo nulte potrošnje energije

Hrvatska je jedna od 11 zemalja članica Europske unije koja je ispunila obavezu definiranja standarda zgrade gotovo nulte energije. Direktiva o energetske svojstvima zgrada 2010/31/EU definira zahtjeve koje mora ispuniti svaka zemlja članica u pogledu energetske svojstava zgrada. Dio direktive se odnosi na zgrade približno nulte energije koje su definirane kao zgrade s visokom energetske učinkovitosti. Količina energije bi se u značajnoj mjeri trebala pokrivati energijom dobivenom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi u krugu ili blizini zgrade. Hrvatska je standarde projektiranja i gradnje stambenih i nestambenih zgrada nulte energije te rokove do kojih ih treba primijeniti propisala dopunama i nekim izmjenama. Države članice Europe su dužne do 31. prosinca 2020. osigurati da sve nove zgrade budu gotovo nulte energije. Nakon 31. prosinca 2018. Nove zgrade u kojima su smještene tijela javne vlasti odnosno koje su u vlasništvu tijela javne vlasti moraju biti nulte energije. [13]

U Hrvatskoj se u zgradama troši 42,3% ukupne energije. Procjene su da se 62% energije troši na grijanje prostora, 15% na rasvjetu i kućanske uređaje, 12% na kuhanje i 11% na grijanje vode. Prema statistikama u Hrvatskoj je trenutno 1,42 milijuna nastanjenih stanova i kuća. Od toga je 54% samostojećih kuća, a 46% kuća s više od jednim stanom, a 75% građevina su starije od 20 godina. Najveći potencijal uštede energije nalazi se u zgradama. U Hrvatskoj se najveći dio građevina ocjenjuje kao E ili F energetske razred, mnogi i kao G razred (najlošija mogućnost). Za ovakve građevine se u prosjeku troši 200 kWh po m<sup>2</sup>, to je 20 m<sup>3</sup> prirodnog plina. Cijena prirodnog plina iznosi 90 kn po m<sup>2</sup> stambene površine (prema trenutnim cijenama).

Za postizanje energetske ciljeva Europe do 2020. godine važan čimbenik u smanjenju potrošnje energije je prelazak svih država članica na izgradnju zgrada gotovo nulte energije (*eng. nearly Zero Energy Buildings*). Taj prelazak se regulira i standardizira propisima i pravilnicima. [14]

## **EE projekt**

Projekt *Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj* (EE projekt) je započet 2005. godine. Danas projekt uspješno provode Program Ujedinjenih naroda za razvoj u Hrvatskoj, Ministarstvo gospodarstva i Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja uz potporu Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost te Globalnog fonda za okoliš, u sklopu aktivnosti poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj. Osnovni cilj EE projekta je poticanje energetske efikasne tehnologije, sustava, materijala i usluga u javnom sektoru i kućanstvima koji su i ekonomski isplativi, kako bi se smanjila potrošnja energije i emisije štetnih stakleničkih plinova. Okosnica projekta je izgradnja kapaciteta za primjenu i provedbu sustavnog i kontinuiranog upravljanja energijom u svim zgradama javnog sektora u Hrvatskoj. [15]

## **HIO program**

*Dovesti svoju kuću u red* (HIO program, eng. *House in Order*) usvojen je od 29. svibnja 2008. godine, za provedbu je zaduženo Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva. Previđeno je trajanje projekta je pet godina s proračunom od 47,445 milijuna kuna. Program je službeno pokrenut 20. listopada 2008. godine.

Cilj programa je uspostavljanje sustavnog gospodarenja energijom u zgradama koje koristi Republika Hrvatska i smanjenje potrošnje energije od 10 do 30%. Prema procjeni na godišnjoj razini za 3500 objekata to iznosi između 47 i 140 milijuna kn. To bi omogućilo godišnje smanjenje štetnog utjecaja na okoliš od 20 do 60 tisuća t CO<sub>2</sub>. [15]

U siječnju 2014. godine, nakon 8 godina provedbe, UNDP Hrvatska (Program ujedinjenih naroda za razvoj) uspješno je priveo kraju projekt *Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj* (EE projekt). Rezultati koje su ostvarili nisu zanemarivi, provedene aktivnosti ostvarile su smanjenje troškova za energiju u zgradama javnog sektora u iznosu više od 150 milijuna kuna. [15]

## Energetska obnova obiteljskih kuća

Većina kuća u Hrvatskoj nema odgovarajuću toplinsku zaštitu ovojnice i vanjsku stolariju, a ni energetske učinkovite sustave grijanja, gubici energije su kroz zidove i stolariju veliki time i računi režijski. Kuća energetskog razreda E godišnje troši oko 200 kWh/m<sup>2</sup> površine stanovanja, a kućama A+ razreda treba 15 kWh/m<sup>2</sup>. Razlika je jako velika.

Praksa je pokazala da su stanari koji su na svojim kućama zamijenili samo prozore i vrata plaćali 30 % niže račune grijanja. Ušteda može biti veća od čak 80% uz dodatno ulaganje, obnavljanje fasade, dijelova kuće povezanih sa tlo, korištenjem obnovljivih izvora. [16]

Vlada RH odlučila je poboljšati situaciju i pokrenula je *Program energetske obnove obiteljskih kuća*. Prema tom programu građani prijavom u Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (FZOEU) su u mogućnosti dobiti bespovratna sredstva za obnovu svojih kuća.

Program energetske obnove vlade RH sufinancira [16]:

- zamjenu vanjske stolarije
- toplinsku zaštitu vanjske ovojnice (vanjski zid, krov, strop, pod i ukopani dijelovi grijanog prostora, pod prema tlu)
- ugradnju kondenzacijskog plinskog kotla
- ugradnju sustava za korištenje obnovljivih izvora energije (solarni kolektori, kotlovi na biomasu, toplinska pumpa, fotonaponske pretvarače)

Program je za razdoblje od 2014. do 2020. godine. Iznos poticaja ne ograničen prema procjeni vrijednosti takvih investicija. Za mjere energetske učinkovitosti Fond može odobriti maksimalno 60 000, 45 000 ili 30 000 kn, a za sustav korištenja obnovljivih izvora maksimalno do 24 000, 18 000 ili 12 000 kn, to ovisi o području na kojem se kuća nalazi. Građani se uz potrebnu dokumentaciju prijavljuju na javne natječaje koje objavljuju lokalne jedinice (grad, općina županija). Lokalne jedinice objavljuju terenski pregled (ako je to potrebno) i rangiraju prijave sukladno uvjetima natječaja. Građani kojima sredstva budu dodijeljena dobit će vaučere koje koriste kao sredstvo plaćanja. Gledajući dugoročno ovakve mjere su uz poticaje koje nudi Fond isplative. Za obnovu kuća građani mogu dobiti 50-82.5% bespovratnih sredstva. [16]

Cilj sufinanciranja ovakvih mjera je prvenstveno povećanje energetske učinkovitosti kućanstva, smanjenje troškova za energiju i vodu te ukupno poboljšanje kvalitete života.

Programom je predviđeno, da područja posebne države skrbi, prva skupina jedinica lokalne i regionalne samouprave, otoci i zaštićeni dijelovi prirode od Fonda dobivaju 80% dok od lokalne svega 2,5% ukupne investicije.

Primjer: na spomenutim područjima će za jedan solarni sustav vrijednosti 30 000 kn, Fond izdvojiti 24 000 kn, dok bi općina (grad ili županije) trebala izdvojiti 750 kn. Kućanstvo bi za takav solarni sustav trebalo izdvojiti 5 250 kn. [16]

FZOEU sufinancira nabavu sustava za korištenje obnovljivih izvora građanima, tvrtkama, jedinicama lokalne i regionalne samouprave i ostalim institucijama. Za poticaje se mogu prijaviti kuće bruto podne površine do 600 m<sup>2</sup> ini najviše 3 stambene jedinice, kojima je više od 50% namijenjeno za stanovanje. [16]

## **Izvori financiranja**

U programu za energetske obnove obiteljskih kuća su predložene financijske mjere za opremu i radove za poboljšavanje energetske svojstava postojećih obiteljskih kuća. Ovaj način građani smatraju najprihvatljivijim. [17]

Predviđeni izvori financiranja su [17]:

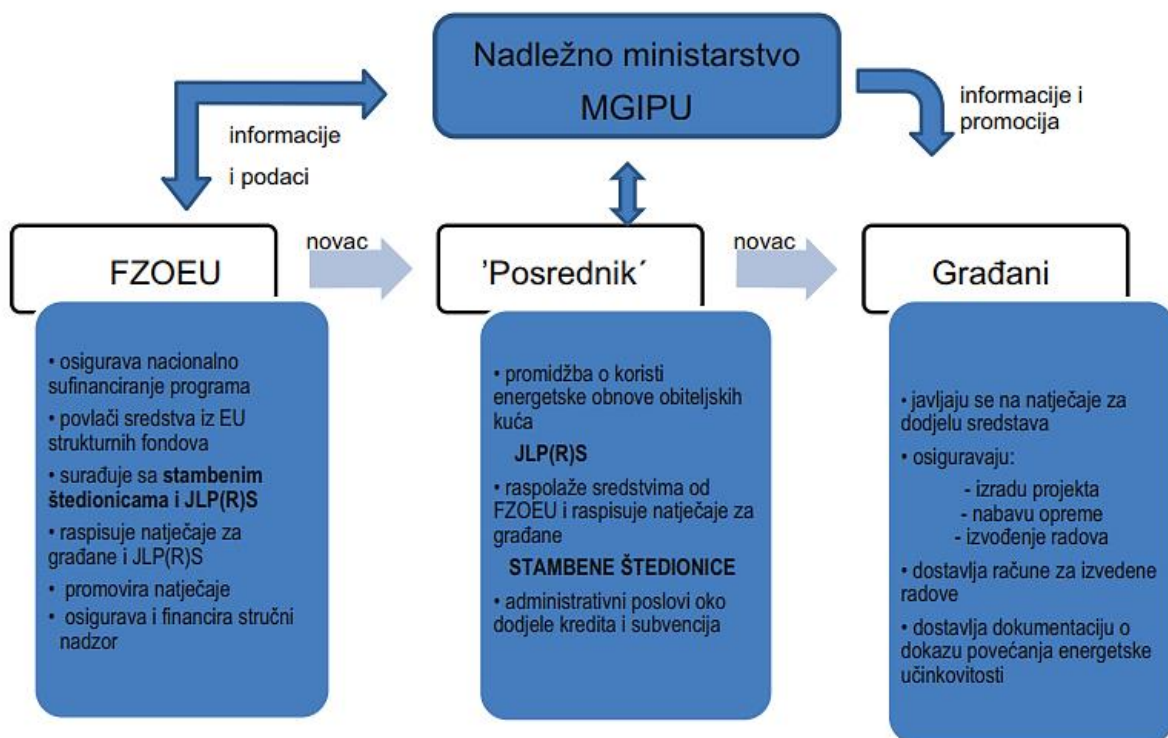
- FZOEU – predviđena sredstva osigurava iz vlastitih izvora, ali između ostalog i iz fondova i programa EU
- Sredstva iz strukturiranih fondova EU – predviđeno je financiranje pripreme i provedbe projekata energetske učinkovitosti i energetske obnove stambenih zgrada
- Izvori financiranja na strani građana, sredstva iz stambenih štedionica i drugo
- Krediti
- Proračuni jedinica lokalne i regionalne samouprave

Nužni preduvjeti za ostvarenje ciljeva su [17]:

- snažna promocija Programa, uključivanje i suradnja svih dionika
- jednostavne i jasne procedure za dodjelu subvencije temeljene na tipskim natječajima za pojedine kategorije mjera
- osiguranje financijskih sredstava u iznosu predviđenom Programom iz EU fondova

Iznimno važno je dobro definirati korake provedbe mjera. Slika 6.1. shematski pokazuje pristup organizaciji provedbe mjera. [17]





Slika 6.1. Organizacijska shema provedbe mjera energetske učinkovitosti za kućanstva

## 7. Zaključak

Korištenjem različitih sustava za iskorištavanje obnovljivih izvora energije (vjetar, sunce, voda) u „Zero energy“ kućama smanjujemo ukupnu potrošnju energije i emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) u atmosferu. Ove kuće koriste sustave za grijanje, hlađenje, ventilaciju u kojima se minimiziraju gubici, koristi se bolja izolacija i tako znatno smanjuju transmisijski gubici te tako postiže toplinska ugodnost i pozitivniji utjecaj na okoliš. Korištenjem visoko učinkovite opreme, dodatne izolacije, visoko učinkovitih prozora, prirodne ventilacije i druge tehnike smanjena je upotreba energije za grijanje i hlađenje. Ostala potrošnja energije u kućanstvu se smanjuje korištenjem učinkovitijih električnih uređaja i LED osvjetljenjem. Za ostvarivanje energetske kriterija (maksimalni utrošak energije) za grijanje odnosno hlađenje, toplu vodu i električnu energiju koriste se obnovljivi izvori i spremnici energije. Toplinsku energiju koju standardne kuće ispuste u okoliš „Zero energy kuće“ maksimalno iskoriste. „Zero energy“ kuća u većini slučajeva može pokriti godišnju potrebu za energijom.

Analiza izgrađenog objekta prema načelima „Zero energy“ izgradnje dokazuje funkcioniranje sustava za iskorištavanje obnovljivih izvora energije. Ocjena stanara nakon stanovanja u kući je pozitivna u svim pogledima. Ventilacijski sustav proizvodi ugodnu unutarnju klimu, a rashlađeni dovodni zrak u kombinaciji s vanjskim zasjenjenjem tijekom ljeta sprječava pregrijavanje. Nema većih promjena u načinu života ili potrošnji energije za generiranje više energije nego što se troši. Kuća je 2008. u Švicarskoj nagrađena u kategoriji novogradnja.

Na temelju ukupnih troškova vlasništva, „Zero energy“ kuće su dugoročno gledajući isplative, iako su početni troškovi veći. Ako su izgrađene učinkovito, prema svim propisima i koristeći sustave za uštedu energije već je nakon prve godine vidljiva velika razlika uštede u usporedbi sa standardnom kućom. „Zero energy“ kuće nude toliko više pogodnosti od standardnih kuća i isplative su uz poticaje koje nudi država.

Direktiva o energetske svojstvima zgrada 2010/31/EU definira zahtjeve koje mora ispuniti svaka zemlja članica pa tako i Hrvatska, u pogledu energetske svojstava zgrada. Količina energije se u značajnoj mjeri treba pokrivati energijom dobivenom iz obnovljivih izvora. Države članice Europe su dužne do 31. prosinca 2020. osigurati da sve nove zgrade budu gotovo nulte energije. Nakon 31. prosinca 2018. Nove zgrade u kojima su smještena tijela javne vlasti odnosno koje su u vlasništvu tijela javne vlasti moraju biti nulte energije. Za izgradnju „Zero energy“ kuća i obnovu kuća na raspolaganju su fondovi za dobivanje bespovratnih sredstava. Cilj sufinanciranja ovakvih mjera je povećanje energetske učinkovitosti kućanstva, smanjenje troškova za energiju i vodu te ukupno poboljšanje kvalitete života.

U Varaždinu, 04.07.2017. \_\_\_\_\_

## 8. Literatura

- [1] <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/pasivne-i-niskoenergetske-kuce/kuce-nulte-energije>, dostupno 01.05.2017.
- [2] <http://www.zelenaenergija.org/clanak/kakve-su-to-niskoenergetske-i-energetski-neovisne-kuce/204>, dostupno 01.05.2017.
- [3] Zavod za ispitivanje kvalitete: Energetski pregled, Zagreb,2015., str.6
- [4] <http://zeelena.com.hr/energetska-bilanca-zgrade/>, dostupno 07.06.2017.
- [5] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Nulta\\_energetska\\_ku%C4%87a](https://hr.wikipedia.org/wiki/Nulta_energetska_ku%C4%87a), dostupno 10.05.2017.
- [6] Z. Fabeković: Napredne tehnike upravljanja energijom u zgradarstvu
- [7] K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013., str. 18-21; 56-59
- [8] [http://www.eko-puls.hr/Toplinske\\_pumpe.aspx](http://www.eko-puls.hr/Toplinske_pumpe.aspx), dostupno 10.06.2017.
- [9] V-educa: Izgradnja zgrada gotovo nulte potrošnje energije, str 21-23
- [10] H. Hansen, I. Patnaikuni: Desing od Sustainable House for Reducing Energy Use,2014.
- [11] <http://www.ursulaschwaller.ch/index.php?c0=navigation&navigation=10>, dostupno 10.06.2017.
- [12] <http://zeroenergyproject.org/2015/03/15/zero-energy-homes-cost-less-to-own-than-standard-homes-2/>, dostupno 20.05.2017.
- [13] <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14751>, dostupno 30.5.2017.
- [14] <https://www.enu.hr/gradani/info-edu/usteda-energije-u-zgradama/>, dostupno 30.5.2017.
- [15] <http://www.enu.fzoeu.hr/o-projektu>, dostupno 28.05.2017.

[16] <http://gradnjakuće.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/vlada-rh-daje-novac-za-energetsku-obnovu-vase-kuće/> dostupno 02.06.2017.

[17] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: Program energetske obnove obiteljskih kuća za razdoblje od 2014. do 2020. godine, 2014.

## Popis slika

Slika 2.1. „Zero energy“ kuća, Izvor: <a href="https://cee.hr/kuce-nulte-energije/">https://cee.hr/kuce-nulte-energije/</a> , dostupno 01.05.2017.	3
Slika 3.1. Bilanca energije zgrade, Izvor: Zavod za ispitivanje kvalitete: Energetski pregled, Zagreb,2015.	5
Slika 3.2. Energetske komponente „Zero energy“ kuće, Izvor: Z. Fabeković: Napredne tehnike upravljanja energijom u zgradarstvu	7
Slika 3.1.1. Krivulja hlađenja, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013.	8
Slika 3.1.2. Shema solarnog elektroenergetskog sustava za toplu vodu i grijanje prostora, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013.	9
Slika 3.1.3. Dodatni zahtjevi za grijanje i količina sunčeve energije kod sustava za toplu vodu i grijanje kod stambene kuće 150m <sup>2</sup> , Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013.	9
Slika 3.1.4. Solarni spremnik, Izvor: <a href="http://termobek.hr/solarno/">http://termobek.hr/solarno/</a> , dostupno 10.06.2017.	9
Slika 3.1.5. Solarni kolektori na krovu kuće, Izvor: <a href="http://www.thermosolar.sk/starsie-prispevky/page/3/">http://www.thermosolar.sk/starsie-prispevky/page/3/</a> , dostupno 10.06.2017.	9
Slika 3.1.6. Solarni sustav za grijanje i toplu vodu, Izvor: <a href="http://www.eurogrijanje.hr/novosti-euro-grijanje/solarni-sustavi-za-grijanje-i-toplu-vodu/">http://www.eurogrijanje.hr/novosti-euro-grijanje/solarni-sustavi-za-grijanje-i-toplu-vodu/</a> , dostupno 10.06.2017.	10
Slika 3.1.7 Stambeni kompleks "Samer Mösl", Salzburg, Austrija, 2006., Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013.	10
Slika 3.1.8 Shema sustava grijanja „Samer Mösl“projekta, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013.	11
Slika 3.1.9. Geotermalna toplinska pumpa, Izvor: <a href="http://beodom.com/sr/partners/rehau">http://beodom.com/sr/partners/rehau</a> , dostupno 10.06.2017.	12
Slika 3.1.10. . Sustav sa spremnikom, toplinskom pumpom i sondama, Izvor: <a href="http://beodom.com/sr/partners/rehau">http://beodom.com/sr/partners/rehau</a> , dostupno 10.06.2017.	12
Slika 3.1.11. Dobivanje energije iz bušotine za grijanje i hlađenje geotermalnim sondama, Izvor: <a href="http://beodom.com/sr/partners/rehau">http://beodom.com/sr/partners/rehau</a> , dostupno 10.06.2017.	12
Slika 3.1.12. Sezonska pohrana toplinske energije prenesena iz zgrade u zemlju, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013.	13
Slika 3.1.13. Prikaz grijanja i hlađenja pomoću toplinske pumpe, Izvor: <a href="http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/pumpe/toplinske-pumpe">http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/pumpe/toplinske-pumpe</a> , dostupno 01.06.2017.	13

Slika 3.1.14. Jednostavan integriran sustav grijanja, hlađenja i ventilacije (HVAC), Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013. ....	14
Slika 3.2.1. Pločasti rekuperator – sustav povrata osjetne topline, Izvor: V-educa: Izgradnja zgrada gotovo nulte potrošnje energije .....	15
Slika 3.2.2. Prirodna ventilacija (strujanje zraka kroz unutrašnjost kuće), Izvor: H. Hansen, I. Patnaikuni: Desing od Sustainable House for Reducing Energy USE,2014. ....	16
Slika 3.3.1. Shema fotonaponskog sustava, Izvor: <a href="https://solarserdar.wordpress.com/2011/06/11/fotonaponski-sustavi-hcoie/">https://solarserdar.wordpress.com/2011/06/11/fotonaponski-sustavi-hcoie/</a> , dostupno 10.06.2017. .....	17
Slika 3.3.2. Vjetrogeneratori i fotonaponski paneli, Izvor: <a href="http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/MIKROSOLAR/projekt-mikrosolari-1-5kw-novo">http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/MIKROSOLAR/projekt-mikrosolari-1-5kw-novo</a> , dostupno 10.06.2017. ....	18
Slika 3.3.3. LED žarulje, Izvor: <a href="https://led-zarulje.com/index.php?route=pavblog/blog&amp;id=12">https://led-zarulje.com/index.php?route=pavblog/blog&amp;id=12</a> , dostupno 10.06.2017. ....	18
Slika 4.1. Stambena kuća u Riehen-u, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013. ....	20
Slika 4.1.1. Presjek, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013. ....	21
Slika 4.1.2. Tlocrt prizemlja, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013. ....	21
Slika 4.1.3. Tlocrt kata, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013. ....	22
Slika 4.2.1. Tehnička shema opskrbe energijom, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013. ....	23
Slika 4.2.2. Mjesečna bilanca električne energije, Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013. ....	24
Slika 5.1. Graf troškova „zero energy“ kuće u usporedbi sa sličnim standardnim kuća, Izvor: <a href="http://zeroenergyproject.org/2015/03/15/zero-energy-homes-cost-less-to-own-than-standard-homes-2/">http://zeroenergyproject.org/2015/03/15/zero-energy-homes-cost-less-to-own-than-standard-homes-2/</a> , dostupno 20.05.2017. ....	27
Slika 6.1. Organizacijska shema provedbe mjera energetske učinkovitosti za kućanstva, Izvor: Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: Program energetske obnove obiteljskih kuća za razdoblje od 2014. do 2020. godine, 2014. ....	32

## **Popis tablica**

Tablica 4.3.1. Građevinski i energetska parametri za ocjenjivanje učinkovitosti (vrijednosti se odnose na neto površinu) Izvor: K. Voss, E. Musall: Net zero energy buildings, Martin Härtl OHG, München, 2013. ....	25
--	----

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARTINA RADOVAČ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Primjena koncepta „two survey“ i „grid“: Shodni i nepravilni objekti (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Martina Radovač  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MARTINA RADOVAČ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Primjena koncepta „two survey“ i „grid“: Shodni i nepravilni objekti (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Martina Radovač  
(vlastoručni potpis)