

## SMJERNICE ZA ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE

# SMJERNICE ZA ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE

drugi dio



1.	UVOD I ZAKONSKE OBVEZE .....	5
1.1.	UVOD.....	5
1.2.	ZAKONODAVNI OKVIR .....	5
1.3.	KRITERIJI ZA ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE .....	6
1.1.	REKONSTRUKCIJA POSTOJEĆIH ZGRADA .....	9
2.	KARAKTERISTIKE ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE I PRIMJERI .....	11
3.	KAKO POSTIĆI STANDARD ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE .....	15
3.1.	POTREBNA ENERGIJA .....	15
3.1.1.	POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE .....	15
3.1.2.	FAKTORI KOJI UTJEČU NA POTREBNU ENERGIJU ZA GRIJANJE I HLAĐENJE .....	15
3.1.2.1.	LOKACIJA .....	15
3.1.2.2.	ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKE KARAKTERISTIKE ZGRADE .....	18
3.1.2.3.	NAMJENA ZGRADE .....	19
3.1.2.4.	PROVJETRANJE .....	21
3.1.3.	POTREBNA ENERGIJA ZA POTROŠNU TOPLU VODU .....	22
3.2.	ISPORUČENA ENERGIJA .....	22
3.2.1.	UČINKOVITOST TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA .....	22
3.2.2.	UTJECAJ TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA NA ISPORUČENU ENERGIJU .....	22
3.3.	PRIMARNA ENERGIJA .....	23
3.3.1.	FAKTORI PRIMARNE ENERGIJE.....	23
3.3.2.	UTJECAJ TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA I ENERGENATA NA POTROŠNJU PRIMARNE ENERGIJE .....	24
3.4.	OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE.....	25
3.4.1.	UDIO OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE.....	25
3.5.	ZAHTJEVI TEHNIČKOG PROPISA ZA GOTOVO NULA ENERGETSKE ZGRADE .....	25
3.6.	VARIJANTE TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA ZA GOTOVO NULA ENERGETSKE ZGRADE .....	26
3.6.1.	OBITELJSKE KUĆE .....	28
3.6.1.1.	OBITELJSKE KUĆE - KONTINENTALNA HRVATSKA .....	28
3.6.1.2.	OBITELJSKE KUĆE - PRIMORSKA HRVATSKA .....	33
3.6.2.	VIŠESTAMBENE ZGRADE.....	38
3.6.2.1.	VIŠESTAMBENE ZGRADE - KONTINENTALNA HRVATSKA .....	38
3.6.2.2.	VIŠESTAMBENE ZGRADE - PRIMORSKA HRVATSKA .....	43
3.6.3.	OBRAZOVNE ZGRADE .....	48
3.6.3.1.	OBRAZOVNE ZGRADE - KONTINENTALNA HRVATSKA.....	48
3.6.3.2.	OBRAZOVNE ZGRADE - PRIMORSKA HRVATSKA.....	53
3.7.	PRIMJERI ENERGETSKIH CERTIFIKATA.....	58
4.	PROJEKTIRANJE I PROJEKTNI PARAMETRI ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE .....	61
4.1.	PROJEKTIRANJE ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE .....	61

4.1.1.	ARHITEKTONSKO OBLIKOVANJE I TOPLINSKA ZAŠTITA.....	61
4.1.2.	PROJEKTIRANJE TEHNIČKIH SUSTAVA.....	72
4.1.3.	INTEGRALNI PRISTUP .....	79
4.1.4.	ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE .....	81
4.2.	ISPITIVANJE ZRAKOPROPUSNOSTI .....	84
4.3.	POTVRĐIVANJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE (CERTIFICIRANJE) .....	84
5.	PRIMJERI DOBRE PRAKSE .....	86
5.1.	OBITELJSKA KUĆA.....	86
5.2.	VIŠESTAMBENA ZGRADA.....	88
5.3.	OBRAZOVNA ZGRADA .....	91
6.	ZAKLJUČAK.....	94

# 1. UVOD I ZAKONSKE OBVEZE

## 1.1. UVOD

Zgrade su odgovorne za otprilike 40% ukupne potrošnje energije u Europskoj uniji, pa tako i u Republici Hrvatskoj. Iz toga razloga Europski parlament i Vijeće Europske unije donose mjere koje imaju za cilj smanjiti potrošnju energije u zgradarstvu i potaknuti korištenje energije iz obnovljivih izvora kako bi se smanjila energetska ovisnost Europske unije i emisija stakleničkih plinova.

Mjere za smanjenje potrošnje energije, u kombinaciji s povećanim korištenjem energije iz obnovljivih izvora, omogućuju Europskoj uniji ispoštovati dugoročnu obvezu u pogledu održavanja globalnog porasta temperature i smanjenja ukupne emisije stakleničkih plinova. Smanjenje potrošnje energije i povećanje korištenja energije iz obnovljivih izvora također imaju važnu ulogu u promicanju sigurnosti opskrbe energijom i tehnološkog razvoja.

## 1.2. ZAKONODAVNI OKVIR

Smanjenje emisija CO<sub>2</sub> i povećanje energetske učinkovitosti nastoji se postići putem europskog zakonodavstva, nacionalnih zakonodavstava, međusektorskom suradnjom, povezivanjem međunarodnih, nacionalnih i regionalnih dionika, EU projektima, te poticanjem istraživanja u području energetike.

**DIREKTIVA 2010/31/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA** od 19. svibnja 2010. o energetske učinkovitosti zgrada / (engl. *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings - EPBD II*) navodi nužnost utvrđivanja konkretnih mjera kako bi se ostvario veliki neiskorišteni potencijal ušteda energije u zgradama i kako bi se povećao broj zgrada koje, ne samo da ispunjavaju trenutačne minimalne zahtjeve energetske učinkovitosti, već su i energetski učinkovitije, a sve u cilju smanjenja potrošnje energije i emisije stakleničkih plinova. U navedenoj Direktivi uvodi se pojam zgrade gotovo nulte energije (engl. *nearly zero-energy building, nZEB*) što je pojam za zgradu koja ima vrlo visoku energetske učinkovitost.

Od država članica Europske unije traži se da osiguraju da od 31. prosinca 2020. sve nove zgrade moraju biti zgrade gotovo nulte energije, a nakon 31. prosinca 2018. nove zgrade koje koriste tijela javne vlasti odnosno koje su u vlasništvu tijela javne vlasti moraju biti zgrade gotovo nulte energije.

Zgrade javnog sektora jesu zgrade u vlasništvu javnog sektora u kojima se obavljaju društvene djelatnosti (odgoja, obrazovanja, prosvjete, znanosti, kulture, sporta, zdravstva i socijalne skrbi), djelatnosti državnih tijela i organizacija kao i tijela i organizacija lokalne i područne (regionalne) samouprave, djelatnosti pravnih osoba s javnim ovlastima, zatim zgrade za stanovanje zajednica, zgrade udruga građana i zgrade vjerskih zajednica. (Program energetske obnove zgrada javnog sektora za razdoblje 2016.-2020., NN 22/2017)

Preporuka komisije (EU) 2016/1318 od 29. srpnja 2016. propisuje smjernice za promicanje zgrada gotovo nulte energije i najbolju praksu kojom će se osigurati da do 2020. sve nove zgrade budu zgrade približno nulte energije s vrlo niskim energetske potrebama. Pritom približno nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u znatnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora.

Direktivom o energetske učinkovitosti zgrada (EPBD) zahtijeva se od država članica da uspostave minimalne zahtjeve za energetske učinkovitost novih zgrada i postojećih zgrada koje se podvrgavaju značajnoj obnovi. U skladu s tim minimalnim zahtjevima u EPBD-u je utvrđen jasan zahtjev da sve nove zgrade moraju do kraja desetljeća imati približno nulte ili vrlo niske energetske potrebe i ispunjavati uvjete za zgrade približno nulte energije (nZEB). Međutim, postojeći fond zgrada star je i energetski neučinkovit te se sporo obnavlja. U skladu s EPBD-om, postojeći fond zgrada trebalo bi također postupno prilagoditi postojećim normama. Potpuna provedba i primjena postojećeg zakonodavstva u području energije priznaje se kao prvi prioritet u uspostavi energetske unije. Dva ključna zahtjeva

unutar postojećega pravnog okvira jesu osiguravanje da sve nove zgrade budu zgrade približno nulte energije do 31. prosinca 2020. (dvije godine ranije za nove zgrade koje koriste tijela javne vlasti odnosno koje su u vlasništvu tijela javne vlasti) i podupiranje adaptacije postojećih zgrada u zgrade približno nulte energije.

Europska komisija ne određuje koja su minimalna svojstva za gotovo nula energetske zgrade, već je državama članicama prepušteno da ih same definiraju prema vlastitim mogućnostima, i to na osnovi troškovno optimalnih analiza.

Zahtjevi energetske učinkovitosti za postizanje gotovo nula energetskog standarda postavljeni su na osnovi izrađenih Izvještaja o minimalnim zahtjevima na energetske svojstvo zgrade za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku prema vrsti zgrade, odnosno za jednoobiteljske zgrade, višestambene zgrade, uredske zgrade, zgrade za obrazovanje, zgrade trgovina, hotele i restorane, bolnice i sportske dvorane.

Izvještaje o minimalnim zahtjevima na energetske svojstvo zgrade - u daljnjem tekstu referentne zgrade, izrađeni su temeljem Direktive EBPD 2010-31-EU koja je propisala obvezu država članica za izračunavanje troškovno optimalne razine minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti primjenom propisanoga metodološkog okvira, te uzimajući u obzir klimatske uvjete i stvarnu dostupnost energetske infrastrukture.

Karakteristike postojećih zgrada u RH određene su za svaku od usvojenih vrsta zgrade (vezano za namjenu), pri čemu su uzeti u obzir dostupni statistički podaci o postojećem fondu zgrada, razdoblje izgradnje zgrade (karakteristična tipologija za određeno razdoblje) i klimatska zona (kontinentalna i primorska Hrvatska). Tako su određene zgrade prosječnih karakteristika, tj. referentne zgrade.

Za referentne zgrade optimizirani su arhitektonski elementi i tehnički sustavi na troškovno optimalan način pa su dobiveni rezultati korišteni pri postavljanju zahtjeva za zgrade gotovo nulte energije. U Hrvatskoj su ti zahtjevi definirani u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18 (u daljnjem tekstu Tehnički propis).

Prema Definiciji u Tehničkom propisu zgrada gotovo nulte energije jest zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva. Ta gotovo nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u vrlo značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi na zgradi ili u njezinoj blizini, a za koju su zahtjevi utvrđeni ovim propisom.

Tehničkim propisom određeno je da glavni projekt zgrade koju kao vlasnici koriste tijela javne vlasti mora biti izrađen u skladu sa zahtjevima za zgrade gotovo nulte energije od 31. prosinca 2017. godine, a za sve ostale zgrade od 31. prosinca 2019. godine.

### 1.3. KRITERIJI ZA ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE

Zgrade gotovo nulte energije temeljene su na zajedništvu korištenja obnovljivih izvora energija i poduzetih mjera učinkovitosti. Za postizanje propisanih zahtjeva potreban je koordiniran integralni pristup svih struka koje sudjeluju u projektiranju zgrade (projektanata arhitekture, fizike zgrade, termotehničkih sustava i elektroinstalacija) već od koncepta i idejnog projekta zgrade pa sve do izvedbenog projekta i kontrole izvedbe. Za postizanje konačne kvalitete izuzetno je važna stručna i kvalitetna izvedba zgrade. Jedino na taj način moguće je stvoriti energetske visokoučinkovitu zgradu koja će biti podređena korisnicima i njihovim zahtjevima. Pritom je važno znati zahtjeve i navike korisnika kako bi se zgrada i njeni sustavi optimalno prilagodili njihovim potrebama.

**Za postizanje standarda zgrade gotovo nulte energije (u daljnjem tekstu nZEB ili nZEB standard) potrebno je ispuniti određene zahtjeve ovisno o vrsti (namjeni) zgrade, lokaciji zgrade i o faktoru oblika zgrade.**

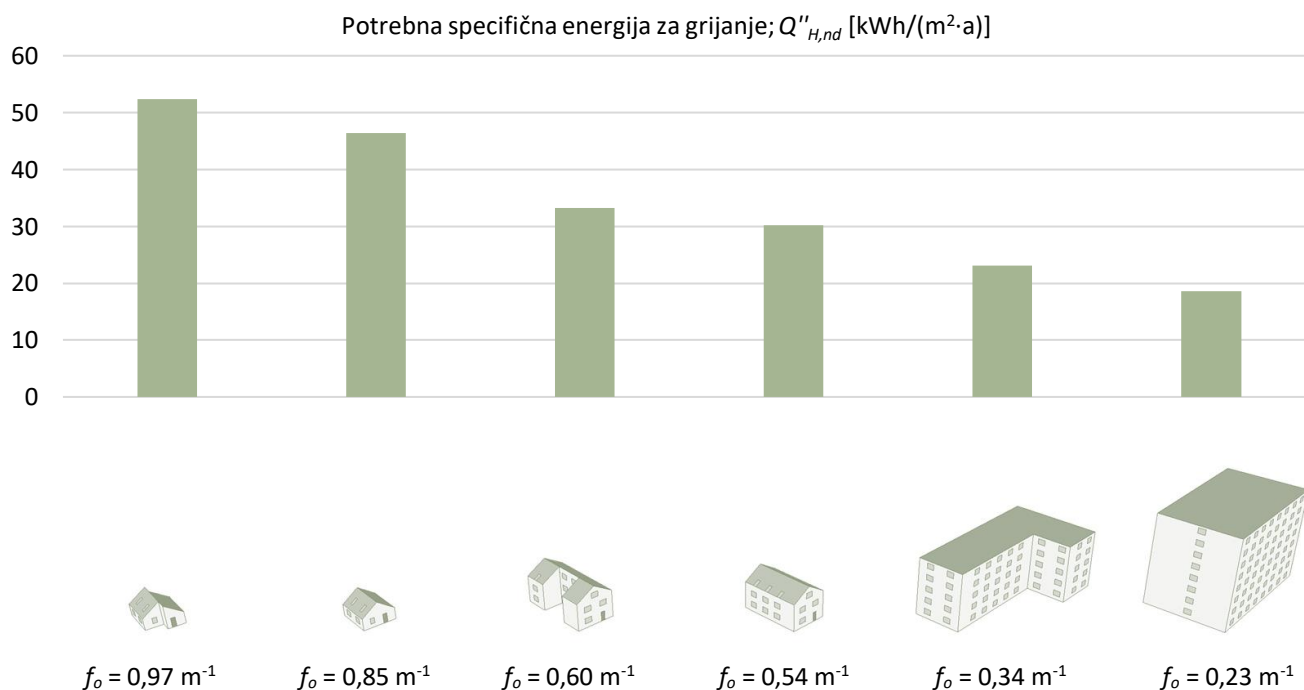
Zahtjevi za zgrade gotovo nulte energije određeni su ovisno o vrsti zgrade:

- obiteljska kuća,
- višestambena zgrada,
- uredska zgrada,
- zgrada za obrazovanje,
- zgrada trgovine (na veliko i malo),
- hotel i restoran,
- bolnica,
- sportska dvorana,
- ostale nestambene zgrade.

Osim o vrsti zgrade, zahtjevi ovise o lokaciji zgrade kao i o faktoru oblika zgrade  $f_o$  [ $m^{-1}$ ].

S obzirom na lokaciju zgrade razlikujemo kontinent i primorje. Lokacije na kontinentu imaju srednju mjesečnu temperaturu vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca  $\leq 3^{\circ}C$ , dok lokacije u primorju imaju srednju mjesečnu temperaturu vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca  $> 3^{\circ}C$ . Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka potrebna za proračune očitava se za najbližu klimatski mjerodavnu meteorološku postaju iz podataka sadržanih u Meteorološkim podacima objavljenim na službenim internetskim stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja.

Faktor oblika zgrade predstavlja odnos oplošja i obujma grijanog dijela zgrade,  $f_o = A/V$  ( $m^{-1}$ ). Oplošje grijanog dijela zgrade,  $A$  ( $m^2$ ), jest ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (ovojnica grijanog dijela zgrade). Obujam grijanog dijela zgrade,  $V_e$  ( $m^3$ ), jest bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje  $A$  ( $m^2$ ). Gubici topline kroz oplošje grijanog dijela zgrade bit će to manji što je ploština oplošja grijanog dijela zgrade  $A$  ( $m^2$ ) manja u odnosu na obujam grijanog dijela zgrade  $V_e$  ( $m^3$ ). Stoga je važno spomenuti da oblikovanje zgrade ima važnu ulogu u postupku projektiranja energetske učinkovitosti zgrade jer direktno utječe na vrijednost faktora oblika. Povoljniju, nižu vrijednost, faktora oblika imaju „kompaktne“ i veće zgrade.



Slika 1. Faktori oblika prema veličini i razvedenosti zgrade i potrebna specifična energija za grijanje

Zahtjevi za zgradu gotovo nulte energije određeni su:

- godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade,  $Q''_{H,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)],
- godišnjom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $E_{prim}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] koja ovisno o namjeni uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu,
- minimalnim udjelom isporučene energije podmirenim iz obnovljivih izvora energije,
- ispunjavanjem zahtjeva o zrakopropusnosti koji se dokazuje ispitivanjem na zgradi prije tehničkog pregleda zgrade.

Tablica 1. Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije zgrade grijane i/ili hlađene na temperaturu 18 °C ili više (prema Tehničkom propisu)

ZAHTJEVI ZA NOVE ZGRADE i nZEB / GOEZ	$Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]						$E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]			
	NOVA ZGRADA i nZEB / GOEZ						NOVA		nZEB / GOEZ	
	kontinent, $\Theta_{mm} \leq 3$ °C			primorje, $\Theta_{mm} > 3$ °C			kont $\Theta_{mm} \leq 3$ °C	prim $\Theta_{mm} > 3$ °C	kont $\Theta_{mm} \leq 3$ °C	prim $\Theta_{mm} > 3$ °C
VRSTA ZGRADE	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$				
Višestambena	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	120	90	80	50
Obiteljska kuća	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$17,16 + 38,42 \cdot f_0$	57,50	115	70	45	35
Uredska	16,94	$8,82 + 40,58 \cdot f_0$	51,43	16,19	$11,21 + 24,89 \cdot f_0$	37,34	70	70	35	25
Obrazovna	11,98	$3,86 + 40,58 \cdot f_0$	46,48	9,95	$4,97 + 24,91 \cdot f_0$	31,13	65	60	55	55
Bolnica	18,72	$10,61 + 40,58 \cdot f_0$	53,21	46,44	$41,46 + 24,89 \cdot f_0$	67,60	300	300	250	250
Hotel i restoran	35,48	$27,37 + 40,58 \cdot f_0$	69,98	11,50	$6,52 + 24,89 \cdot f_0$	32,65	130	80	90	70
Sportska dvorana	96,39	$88,28 + 40,58 \cdot f_0$	130,89	37,64	$32,66 + 24,91 \cdot f_0$	58,82	400	170	210	150
Trgovina	48,91	$40,79 + 40,58 \cdot f_0$	83,40	13,90	$8,92 + 24,91 \cdot f_0$	35,08	450	280	170	150
Ostale nestambene	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	150	100	/	/

Ako se radi o samostojećoj stambenoj zgradi i nestambenoj zgradi čija je ploština korisne površine grijanog dijela zgrade ( $A_k$ ) manja ili jednaka 50 m<sup>2</sup> iznimno je potrebno ispuniti samo zahtjeve najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] pojedinih građevnih dijelova (prema Tehničkom propisu).

Stambena zgrada i nestambene zgrade uredske namjene, obrazovne namjene, bolnice, hoteli i restorani moraju biti projektirane i izgrađene na način da godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine zgrade,  $Q''_{C,nd}$  nije veća od vrijednosti 50 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

Nestambene zgrade uredske namjene, obrazovne namjene, bolnice, hoteli i restorani kod kojih je udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja  $f > 30\%$  moraju biti projektirane i izgrađene na način da godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine zgrade,  $Q''_{C,nd}$  nije veća od vrijednosti 70 kWh/(m<sup>2</sup>·a).

Ako je proračunata vrijednost godišnje primarne energije po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $E_{prim}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] za zgradu niža za najmanje 20% od najvećih dopuštenih vrijednosti iz Tehničkog propisa, smatra



se da su ispunjeni uvjeti za godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade,  $Q''_{H,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] i za godišnju potrebnu toplinsku energiju za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $Q''_{C,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] propisane Tehničkim propisom.

Prema Tehničkom propisu u Iskaznici energetske svojstava zgrade, a koja je zaseban dokument koji se obvezno prilaže uz glavni projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite, treba pisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) i udio obnovljivih izvora energije ( $\gamma_{ren}$ ) zadovoljavaju zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije.

Prema Zakonu o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19) investitor, odnosno vlasnik zgrade za koju se izdaje energetski certifikat dužan je prije izdavanja uporabne dozvole pribaviti energetski certifikat u kojem treba pisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim Tehničkom propisom.

### 1.1. REKONSTRUKCIJA POSTOJEĆIH ZGRADA

Pri značajnoj obnovi ili rekonstrukciji zgrade ne daje se zahtjev za zgradu gotovo nulte energije, već se u Tehničkom propisu propisuje minimalno energetska svojstva koje zgrada i njezini dijelovi moraju ispuniti. Prema tome nema obaveze ispunjavanja nZEB standarda za postojeće zgrade osim u slučaju dogradnje i/ili nadogradnje odnosno prenamjene negrijanog prostora u grijani prostor i kada je površina tog dijela veća ili jednaka 50 m<sup>2</sup>. U tom slučaju obavezu ispunjavanja nZEB standarda potrebno je postići samo za taj dio.

Ispunjavanje tehničkih zahtjeva za racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu prilikom rekonstrukcije postojećih zgrada ovisi o postotku ugradnje, obnavljanja ili zamjene pojedinih dijelova ovojnice zgrade, odnosno o veličini korisne površine ako se postojeća zgrada dograđuje i/ili nadograđuje, ili ako se postojeća negrijana zgrada ili dio zgrade prenamjenjuje u grijani prostor koji se grije na temperaturu višu od 12°C.

Postizanje standarda zgrade gotovo nulte energije potrebno je postići na dograđeni i/ili nadograđeni dio postojeće zgrade ako je korisna površina  $A_k$  tog dijela veća ili jednaka 50 m<sup>2</sup> i ako se taj prostor grije na temperaturu >12°C. Isto vrijedi i u slučaju kada se negrijani dio zgrade korisne površine  $A_k$  veće ili jednako 50 m<sup>2</sup> prenamjenjuje u prostor grijan na temperaturu višu od 12°C.

Kod rekonstrukcije postojeće zgrade kojom se postojeća zgrada dograđuje i/ili nadograđuje s prostorom korisne površine  $A_k$  manje od 50 m<sup>2</sup> ili se negrijani dio zgrade korisne površine  $A_k$  manje od 50 m<sup>2</sup> prenamjenjuje, te ako se taj prostor grije na temperaturu višu od 12°C koeficijenti prolaska topline  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] pojedinih građevinskih dijelova moraju zadovoljiti vrijednosti utvrđene Tehničkim propisom.

Kod rekonstrukcije postojeće zgrade kojom se naknadno ugrađuju, obnavljaju ili zamjenjuju samo pojedini dijelovi ovojnice grijanog dijela zgrade koeficijenti prolaska topline  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] moraju zadovoljiti vrijednosti utvrđene u Tehničkom propisu. U slučaju da se rekonstrukcija radi na površini većoj od 25% koeficijenti prolaska topline  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] čitavoga građevinskog dijela na kojem je proveden građevinski zahvat ne smije biti veći od vrijednosti utvrđenih Tehničkim propisom.

Kod rekonstrukcije postojeće zgrade kojom se naknadno ugrađuju, obnavljaju, djelomično ili potpuno zamjenjuju dijelovi ovojnice grijanog dijela zgrade, te ako ti radovi obuhvaćaju ≥75% ovojnice grijanog dijela zgrade, osim ispunjenja zahtjeva koeficijenti prolaska topline  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] moraju biti ispunjeni i zahtjevi dopuštenih vrijednosti:

- godišnje potrebne toplinske energije za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade,  $Q''_{H,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] prema Tehničkom propisu
- specifične godišnje primarne energije  $E_{prim}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)], koja uključuje energije navedene u Tablici 8. Tehničkog propisa te nije veća od dopuštenih vrijednosti prema Tehničkom propisu.

Tablica 2. Najveće dopuštene vrijednosti za postojeće zgrade grijane i/ili hladene na temperaturu 18 °C ili više prilikom rekonstrukcije (prema Tehničkom propisu)

VRSTA ZGRADE	ZAHTJEVI REKONSTRUKCIJA						$Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]		$E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	
	kontinent, $\Theta_{mm} \leq 3$ °C			primorje, $\Theta_{mm} > 3$ °C			kont $\Theta_{mm} \leq 3$ °C	prim $\Theta_{mm} > 3$ °C		
	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$				
Višestambena	50,63	$40,49 + 50,73 \cdot f_0$	93,75	27,00	$21,59 + 27,06 \cdot f_0$	50,00	180	130		
Obiteljska kuća	50,63	$40,49 + 50,73 \cdot f_0$	93,75	27,00	$19,24 + 38,82 \cdot f_0$	60,00	135	80		
Uredska	21,18	$11,03 + 50,73 \cdot f_0$	64,29	17,60	$12,19 + 27,06 \cdot f_0$	40,60	75	75		
Obrazovna	14,98	$4,84 + 50,73 \cdot f_0$	58,10	10,81	$5,40 + 27,06 \cdot f_0$	33,83	90	75		
Bolnica	23,40	$13,26 + 50,73 \cdot f_0$	66,51	50,48	$45,06 + 27,06 \cdot f_0$	73,48	340	330		
Hotel i restoran	44,35	$34,21 + 50,73 \cdot f_0$	87,48	12,50	$7,09 + 27,06 \cdot f_0$	35,50	145	115		
Sportska dvorana	120,49	$110,35 + 50,73 \cdot f_0$	163,61	40,91	$35,50 + 27,06 \cdot f_0$	63,93	420	215		
Trgovina	61,14	$50,99 + 50,73 \cdot f_0$	104,25	15,11	$9,71 + 27,06 \cdot f_0$	38,13	475	300		
Ostale nestambene	50,63	$40,49 + 50,73 \cdot f_0$	93,75	27,00	$21,59 + 27,06 \cdot f_0$	50,00	180	130		

Iznimno kod rekonstrukcije postojeće zgrade kojom se postojeća zgrada dograđuje i/ili nadograđuje prostorom korisne površine grijanog dijela zgrade,  $A_k$ , za više ili jednako 50 m<sup>2</sup> koja se grije na temperaturu višu od 12°C, odnosno u slučaju kada se naknadno ugrađuju, obnavljaju, djelomično ili potpuno zamjenjuju dijelovi ovojnice grijanog dijela zgrade, te ako ti radovi obuhvaćaju  $\geq 75\%$  ovojnice grijanog dijela zgrade nije potrebno ispuniti minimalne zahtjeve na energetska svojstva propisane Tehničkim propisom ukoliko ispunjenje istih nije gospodarski isplativo, odnosno tehnički ili funkcionalno izvedivo što se dokazuje proračunom i troškovno optimalnom analizom. Dokaže li se da isto nije tehnički izvedivo, odnosno troškovno optimalno, minimalne zahtjeve iz navedenih tablica potrebno je zadovoljiti u najvećoj mogućoj mjeri, a koeficijent prolaska topline,  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] svih građevnih dijelova na kojem je proveden građevinski zahvat ne smije biti veći od vrijednosti utvrđenih u Tehničkom propisu.

Kod zamjene i modernizacije tehničkog sustava (kao npr. zamjene generatora topline, zamjene energenta, zamjene centralne ventilacijske jedinice, zamjene sustava rasvjete i sl.) te dogradnje istog primjenjuju se zahtjevi Tehničkog propisa koji se odnose na tehničke sustave ili njihove dijelove koji se ugrađuju u nove zgrade.

Kod veće rekonstrukcije postojeće zgrade potrebno je primjenjivati visokoučinkovite alternativne sustave te uvoditi inteligentne mjerne sustave u mjeri u kojoj je to tehnički, funkcionalno i gospodarski izvedivo što se dokazuje proračunom i troškovno optimalnom analizom.

Ako se rekonstruira građevina koja je upisana u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske ili građevina koja se nalazi u kulturno-povijesnoj cjelini upisanoj u taj Registar, može se uz suglasnost Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja odstupiti od temeljnih zahtjeva za građevinu, pa tako i od zahtjeva toplinske zaštite i uštede energije ako bi se njima narušila bitna spomenička svojstva (Zakon o gradnji, NN 153/13, 20/17, 39/19, u daljnjem tekstu Zakon o gradnji). Suglasnost izdaje Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja na prijedlog investitora, i to po prethodno pribavljenom mišljenju ministarstva nadležnog za kulturu. Suglasnost se izdaje u slučaju kada nije moguće izvesti odgovarajuće tehničko rješenje ili je mogućnost izvođenja rješenja takva da bi uložena vrijednost bila u bitnom nerazmjeru u odnosu na korist. Suglasnost se može uvjetovati određenim postupkom, zahvatom ili mjerom kojom bi se na odgovarajući način djelomično nadomjestilo cjelovito tehničko rješenje.

Kod ovih zgrada odredbe Tehničkog propisa i ostalih propisa iz energetske učinkovitosti moraju se primjenjivati u najvećoj mogućoj mjeri u skladu s danim konzervatorskim uvjetima.

## 2. KARAKTERISTIKE ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE I PRIMJERI

Za postizanje standarda zgrade gotovo nulte energije (u daljnjem tekstu nZEB ili nZEB standard) potrebno je ispuniti određene zahtjeve ovisno o vrsti (namjeni) zgrade, lokaciji zgrade i o faktoru oblika zgrade.

Zahtjevi za zgrade gotovo nulte energije određeni su ovisno o vrsti zgrade:

- obiteljska kuća,
- višestambena zgrada,
- uredska zgrada,
- zgrada za obrazovanje,
- zgrada trgovine (na veliko i malo),
- hotel i restoran,
- bolnica,
- sportska dvorana,
- ostale nestambene zgrade.

Osim o vrsti zgrade, zahtjevi ovise o lokaciji zgrade (kontinent ili primorje) kao i o faktoru oblika zgrade  $f_o$  [ $m^{-1}$ ].

Zahtjevi za zgradu gotovo nulte energije određeni su:

- godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade,  $Q''_{H,nd}$  [ $kWh/(m^2 \cdot a)$ ],
- godišnjom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $E_{prim}$  [ $kWh/(m^2 \cdot a)$ ] koja ovisno o namjeni uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu,
- minimalnim udjelom isporučene energije podmirenim iz obnovljivih izvora energije,
- ispunjavanjem zahtjeva o zrakopropusnosti koji se dokazuje ispitivanjem na zgradi prije tehničkog pregleda zgrade.

Razmatranje energetske koncepcije gotovo nula energetske zgrade potrebno je uključiti u početnoj fazi projektiranja, kako bi se u proces projektiranja uspješno integrirali principi održive, energetske i ekološke svjesne arhitekture. Kvalitetno optimiran energetske koncepcije uključuje dobro izbalansirane, ali ne i predimenzionirane debljine toplinske izolacije kao i termotehničke sustave, uz obveznu primjenu obnovljivih izvora energije (OIE).

Iz zgrada toplina se gubi prolaskom kroz ovojnici (zidove, prozore, krov, pod). Ti gubici topline nazivaju se transmisivni gubici. Oni se ograničavaju dovoljnim debljinama toplinske izolacije i višestrukim IZO staklima.

Toplina se također gubi zbog provjetravanja, odnosno izlaska toplog zraka i ulaska hladnog zraka u prostor. Ti toplinski gubici nazivaju se ventilacijski gubici. Ventilacijski gubici su neizbježni zbog potrebe za provjetravanjem prostora, a postoje i neželjeni gubici uslijed infiltracije zraka zbog lošeg brtvljenja ovojnice. Neželjeni ventilacijski gubici (infiltracijski) ograničavaju se pravilnim brtvljenjem prilikom ugradnje prozora, a nužni ventilacijski gubici (zbog provjetravanja) mogu se smanjiti ugradnjom mehaničke ventilacije s povratom topline.

Gotovo nula energetske zgrade potrebno je projektirati s povoljnim faktorom oblika i u skladu s bioklimatskim uvjetima, primijeniti optimalne materijale, elemente i toplinsku izolaciju, projektirati detalje s minimalnim toplinskim mostovima i za osiguranje niske zrakopropusnosti, osigurati rješenja za kontrolu insolacije, koristiti prirodno svjetlo, prema potrebi predvidjeti mehaničku ventilaciju s rekuperacijom, te također predvidjeti primjerene, dostupne i izvedive termotehničke sustave velike učinkovitosti ili s visokim udjelom obnovljivih izvora energije. Osim korištenja visokoučinkovitih termotehničkih sustava, isporučenu i primarnu energiju možemo dodatno smanjiti proizvodnjom energije iz obnovljivih izvora na lokaciji zgrade ili u njenoj neposrednoj blizini.

Da bi se postigli navedeni ciljevi u projektiranju zgrada gotovo nulte energije potrebna je koordinacija svih struka čija projektna rješenja utječu na realizaciju zgrade (projektnata arhitekture, fizike zgrade, termotehničkih sustava i elektroinstalacija). Koordinirani integralni pristup potreban je od idejnog rješenja i energetskog koncepta do rješenja izvedbenih detalja i kontrole izvedbe.

Tehnički sustavi u zgradi jesu sustavi namijenjeni za grijanje, hlađenje, pripremu potrošne tople vode (PTV), ventilaciju, klimatizaciju, rasvjetu te sustav automatizacije, dok pod termotehničkim sustavima podrazumijevamo samo sustave za grijanje, hlađenje, pripremu potrošne tople vode, ventilaciju i klimatizaciju.

Za rad tehničkih sustava potrebni su nam energenti – energija koja ih pokreće i time osigurava njihov rad. Energenti koje koristimo u zgradama mogu biti obnovljivi i neobnovljivi.

**Neobnovljivi izvori energije**, zvani još i fosilna goriva, jesu izvori energije koji se ne mogu ponovno obnoviti, poput ugljena, nafte i prirodnog plina.

**Obnovljivi izvori energije (OIE)** jesu izvori energije koji se dobivaju iz prirodnih procesa i koji se stalno obnavljaju. U zgradama najčešće koristimo energiju sunca, energiju vode (podzemne vode, more, rijeke, jezera,...), energiju zemlje te biomasu.

Odabir termotehničkih sustava i energenata uvelike utječe na energetska svojstva zgrade i ispunjavanje zahtjeva za zgradu gotovo nulte energije. Ispunjavanje uvjeta za gotovo nula energetske zgrade (nZEB) može se postići različitim kombinacijama tehničkih sustava i korištenjem različitih energenata. Ne postoje propisani tehnički sustavi i energenti kojima se ostvaruje nZEB standard, već postoje propisani zahtjevi na energetska svojstva zgrade koje mora biti ispunjeno za postizanje nZEB standarda.

Primjerice, uvjet za gotovo nula energetske zgrade za obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj jest izračunata potrošnja primarne energije po metru četvornom korisne (grijane) površine od maksimalno 45 kWh godišnje, dok za primorsku Hrvatsku to može biti maksimalno 35 kWh. Drugi uvjet je korištenje minimalno 30% obnovljive energije u odnosu na isporučenu energiju.

Na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj klimatskoj zoni može se vidjeti kako različiti tehnički sustavi i energenti utječu na energetska svojstva zgrade i ispunjavanje nZEB zahtjeva. Korisna površina zgrade iznosi 155 četvornih metara, a specifična godišnja potrebna energija za grijanje iznosi 42 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (dopušteno max 62,80 kWh/(m<sup>2</sup>·a)). Zidovi su od blok opeke s 15 cm toplinske izolacije, pod na tlu s 10 cm toplinske izolacije, drveno krovšte s 21 cm toplinske izolacije, prozori ostakljeni s dvostrukim IZO staklom i svi prostori prirodno provjetravani.

Tablica 3. Primjeri tehničkih sustava i njihovih mogućnosti za postizanje nZEB standarda u kontinentalnoj Hrvatskoj

OBITELJSKA KUĆA - KONTINENTALNA HRVATSKA			
Tehnički sustav	$E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Udio OIE [%]	Ispunjeni nZEB zahtjevi
Kondenzacijski plinski bojler za grijanje i PTV	69,12	0	NE
Kondenzacijski plinski bojler za grijanje i PTV + fotonaponski paneli	35,94	32,72	DA
Kondenzacijski plinski bojler i sustav solarnih kolektora za grijanje i PTV	54,15	26,60	NE
Kondenzacijski plinski bojler i sustav solarnih kolektora za grijanje i PTV + mehanička ventilacija s rekuperacijom	40,73	31,16	DA
Kotao na biomasu za grijanje i PTV	11,29	98,75	DA
Dizalica topline zrak-voda + elektro grijač za grijanje i PTV	37,64	61,81	DA

Za kuću istog oblika i površine u primorskoj klimatskoj zoni, ali s drukčijim karakteristikama ovojnice, specifična godišnja potrebna energija za grijanje iznosi 18 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (dopušteno max 45,95 kWh/(m<sup>2</sup>·a)). Zidovi su od blok opeke s 8 cm toplinske izolacije, pod na tlu sa 7 cm toplinske izolacije, drveno krovšte s 21 cm toplinske izolacije, prozori ostakljeni s dvostrukim IZO staklom i svi prostori prirodno provjetravani.

Tablica 4. Primjeri tehničkih sustava i njihovih mogućnosti za postizanje nZEB standarda u primorskoj Hrvatskoj

<b>OBITELJSKA KUĆA - PRIMORSKA HRVATSKA</b>			
Tehnički sustav	$E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Udio OIE [%]	Ispunjeni nZEB zahtjevi
Kondenzacijski plinski bojler za grijanje i PTV	42,96	0	NE
Kondenzacijski plinski bojler za grijanje i PTV + fotonaponski paneli	22,19	33,05	DA
Kondenzacijski plinski bojler i sustav solarnih kolektora za grijanje i PTV	31,74	32,20	DA
Dizalica topline zrak-zrak za grijanje i sustav solarnih kolektora + elektro grijač za PTV	28,09	55,40	DA
Dizalica topline zrak-voda + elektro grijač za grijanje i PTV	20,52	61,32	DA
Kotao na biomasu	7,55	98,50	DA

Svi primjeri biti će detaljnije prikazani u sljedećim poglavljima. Svi izračuni i analize potrošnje energije prikazani u ovom dokumentu izrađeni su pomoću računalnog programa *KI Expert Plus*.

Pri odabiru tehničkih sustava uzimamo u obzir više čimbenika. Jedan od najvažnijih jest dostupnost energenata na lokaciji zgrade, kao i sama lokacija zgrade. Npr. na lokaciji na kojoj nije provedena plinifikacija ne možemo koristiti plinsko grijanje na prirodni plin, ali moguće je plinsko grijanje na ukapljeni naftni plin (UNP) ako postoji mogućnost za smještaj odgovarajućeg spremnika. Peći i kotlovi na drvenu biomasu nisu preporučljivi za sve sredine, npr. gradove.

Iako se biomasa svrstava u obnovljive izvore energije te je CO<sub>2</sub> neutralna, preporučljivo je izbjegavati njeno korištenje u gusto naseljenim sredinama jer zbog velike gustoće potrošača povećava lokalno zagađenje, za razliku od ruralnih, rjeđe naseljenih područja gdje je prihvatljiva kao energent.

Tehničke (ne)mogućnosti ugradnje pojedinog sustava su također važan čimbenik pri odabiru energenata i tehničkih sustava. Ukoliko želimo ugraditi solarne kolektore za grijanje i pripremu potrošne tople vode, potrebno je imati dostatnu slobodnu površinu krova odgovarajuće orijentacije ili eventualno prikladno mjesto na vlastitoj parceli pokraj zgrade. Isto vrijedi i za fotonaponske panele za proizvodnju električne energije.

Cijena uvijek ima vrlo veliki utjecaj na odabir tehničkog sustava. Gotovo svaka zgrada može biti u skladu s nZEB standardom, ali je pitanje uz koju cijenu investicije. Vrlo je jednostavno predvidjeti najsuvremenije izuzetno skupe visokoučinkovite tehnologije, opremu i materijale te time postići nZEB standard, ali to nije cilj zakonodavne regulative. Cilj je postići nZEB standard uz troškovno optimalna rješenja. Zato se ponovno vraćamo na integralni pristup pri projektiranju zgrade gotovo nulte energije uz poštivanje ekonomski opravdanih, tehnički mogućih, održivih i ekološki svjesnih rješenja.

Kvalitetno optimiran energetski koncept omogućava nisku potrošnju energije i korištenje energije iz obnovljivih izvora uz što nižu cijenu investicije, te rezultira troškovno optimalnim rješenjem koje zadovoljava nZEB standard.

Prema Tehničkom propisu u Iskaznici energetske svojstava zgrade, a koja je zaseban dokument koji se obvezno prilaže uz glavni projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite, treba pisati „nZEB“ ako energetske svojstvo zgrade ( $E_{prim}$ ) i udio obnovljivih izvora energije ( $\gamma_{ren}$ ) zadovoljavaju zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije.

Prema Zakonu o gradnji investitor, odnosno vlasnik zgrade za koju se izdaje energetske certifikat dužan je prije izdavanja uporabne dozvole pribaviti energetske certifikat u kojem treba pisati „nZEB“ ako energetske svojstvo zgrade zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim Tehničkim propisom.

### 3. KAKO POSTIĆI STANDARD ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE

#### 3.1. POTREBNA ENERGIJA

##### 3.1.1. POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE

**Potrebna energija za grijanje** jest količina toplinske energije koju je potrebno osigurati unutar kondicioniranog prostora kako bi se u njemu održala minimalna željena temperatura. Potrebna energija za grijanje ovisi o klimatskim uvjetima na lokaciji zgrade, arhitektonsko-građevinskim karakteristikama zgrade, načinu provjetravanja i namjeni zgrade. Potrebnu energiju za grijanje označavamo s  $Q_{H,nd}$ , a izražavamo u kWh/god ili kWh/a. Specifičnu potrebnu energiju za grijanje označavamo s  $Q''_{H,nd}$ , a izražavamo u kWh/m<sup>2</sup>·a.

**Potrebna energija za hlađenje** jest ona količina topline koju je potrebno odvesti iz kondicioniranog prostora kako bi se u njemu održala željena temperatura. Potrebna energija za hlađenje ovisi o istim uvjetima kao i potrebna energija za grijanje. Specifičnu potrebnu energiju za hlađenje označavamo s  $Q''_{C,nd}$ , a izražavamo u kWh/m<sup>2</sup>·a.


Potrebna energija za grijanje i hlađenje ne ovisi o energentima, vrsti termotehničkih sustava kao ni o ogrjevnim ili rashladnim tijelima. Potrebnu energiju za hlađenje označavamo s  $Q_{C,nd}$ , a izražavamo u kWh/god ili kWh/a.

##### 3.1.2. FAKTORI KOJI UTJEČU NA POTREBNU ENERGIJU ZA GRIJANJE I HLAĐENJE

Potrebna energija za grijanje i hlađenje ovisi o klimatskim uvjetima na lokaciji zgrade, arhitektonsko-građevinskim karakteristikama zgrade, načinu provjetravanja i namjeni zgrade.

Na primjeru obiteljske kuće u Zagrebu prikazat će se utjecaji navedenih faktora.

Tablica 5. Potrebna energija za grijanje i hlađenje te građevinske karakteristike na primjeru obiteljske kuće u Zagrebu

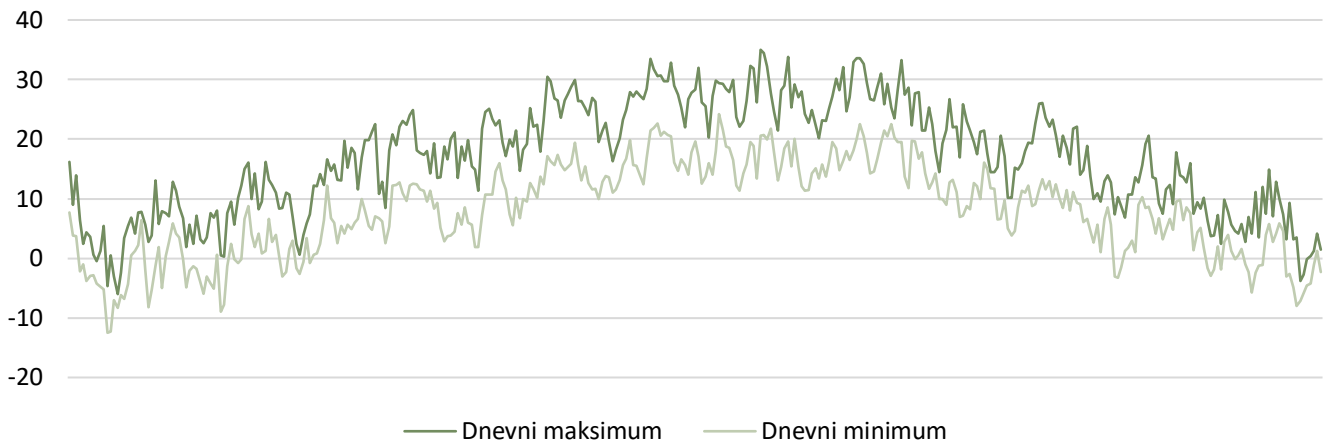
Referentni primjer – Obiteljska kuća	Prikaz zgrade	Potrebna energija	
Meteorološka postaja	Zagreb - Maksimir		$Q''_{H,nd} = 41,97$ kWh/m <sup>2</sup> ·a
Orijentacija	Jug		
Faktor oblika	0,75 m <sup>-1</sup>	$Q''_{C,nd} = 22,33$ kWh/m <sup>2</sup> ·a	
Debljina toplinske izolacije (prosjeak)	15 cm		
Ostakljenje	Dvostruko IZO staklo		
Zaštita od sunca	Rolette		
Ventilacija	Prirodna		

##### 3.1.2.1. LOKACIJA

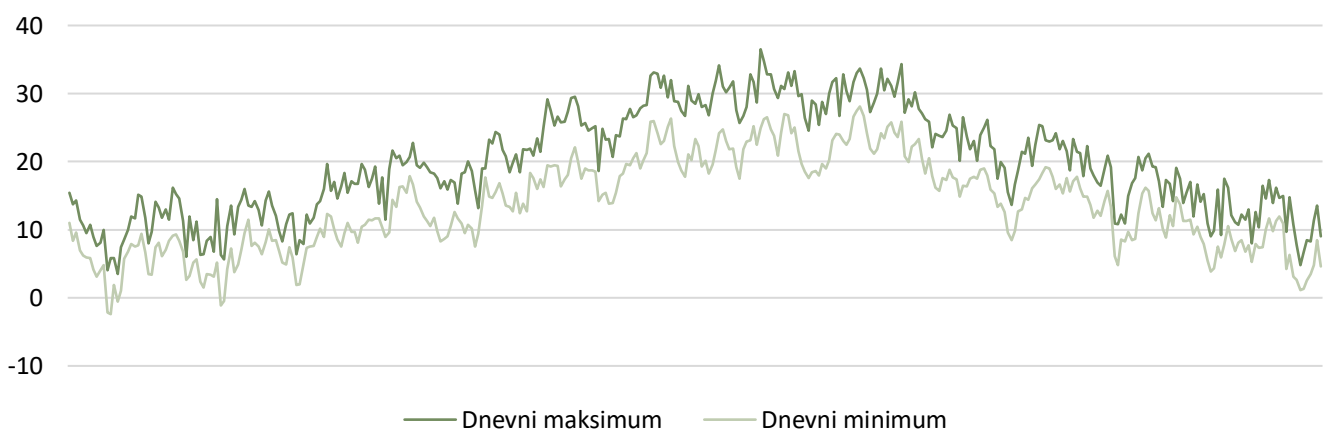
Za izračun energetskeg svojstva zgrade razlikujemo referentne i stvarne klimatske uvjete.

U Hrvatskoj postoje dvije klimatske zone odnosno referentne klime – kontinentalna i primorska klima. Referentna klima jest klima meteorološke postaje preuzete kao karakteristične za područje kontinentalnog i za područje primorskog dijela Hrvatske. Referentna meteorološka postaja za kontinentalnu Hrvatsku je Zagreb - Maksimir, a referentna meteorološka postaja za primorsku Hrvatsku je Split - Marjan.

Kontinentalna klima uzima se kao referentna kada je srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade prema podacima iz Meteoroloških podataka za najbližu klimatski mjerodavnu meteorološku postaju  $\theta_{mm}$  jest  $\leq 3$  °C. Primorska klima uzima se kao referentna kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade prema podacima iz Meteoroloških podataka za najbližu klimatski mjerodavnu meteorološku postaju  $\theta_{mm}$  jest  $> 3$  °C.



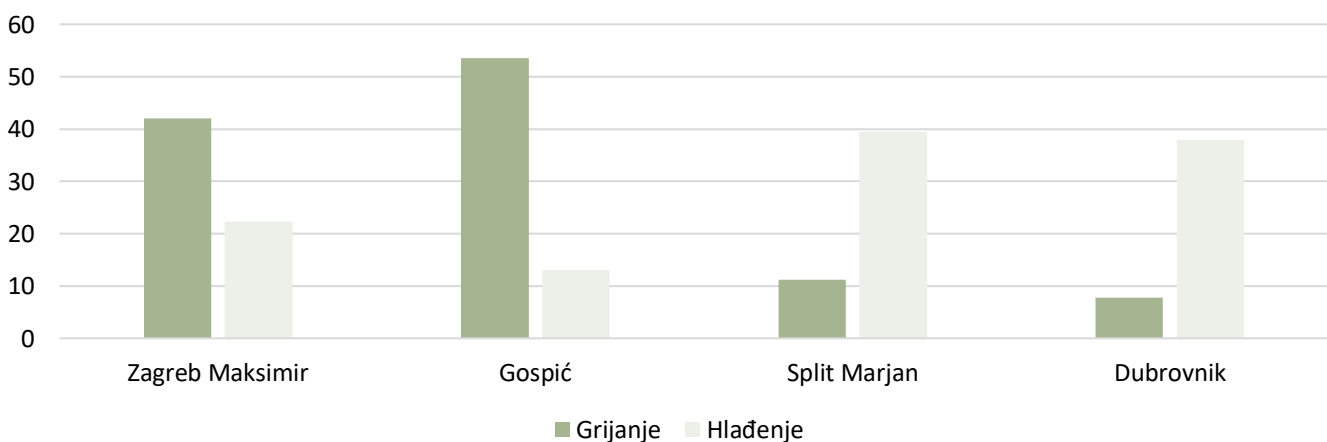
Slika 2. Dnevne maksimalne i minimalne temperature [°C] tijekom godine za Zagreb (izvor: *Meteonorm 7 v7.3.3*)



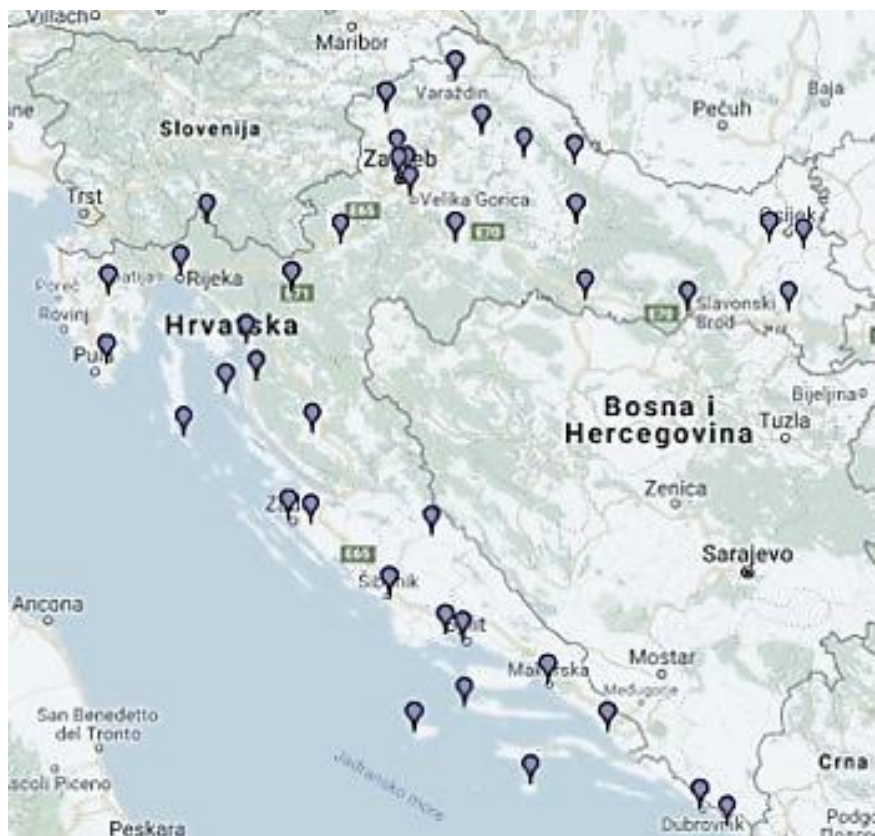
Slika 3. Dnevne maksimalne i minimalne temperature [°C] tijekom godine za Split (izvor: *Meteonorm 7 v7.3.3*)

Sljedeća tablica pokazuje utjecaj lokacije na potrebnu energiju za grijanje i hlađenje za zgradu jednakih arhitektonsko-građevinskih karakteristika na različitim lokacijama u kontinentalnoj i primorskoj klimi.

Tablica 6. Potrošnja energije zgrade istih arhitektonsko-građevinskih karakteristika na različitim lokacijama







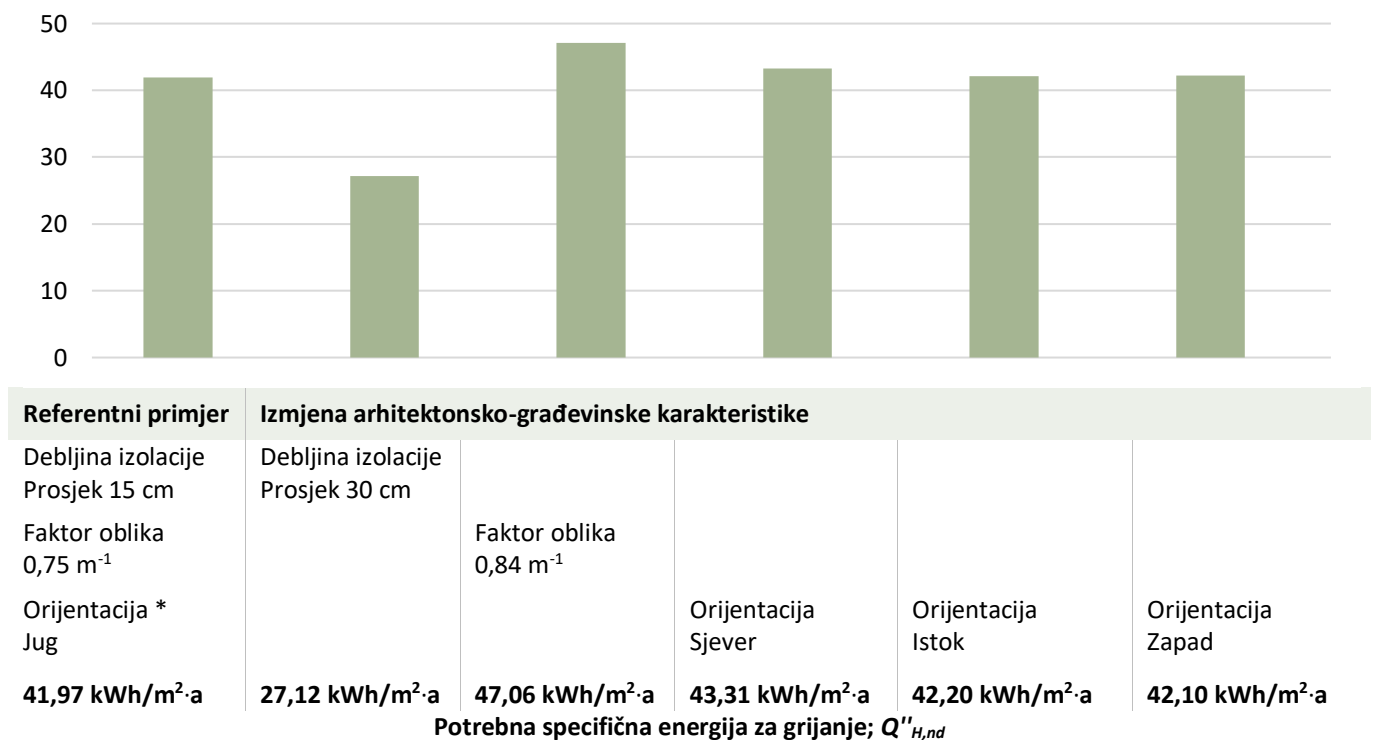
Slika 4. Prema Tehničkom propisu u Hrvatskoj su određene meteorološke postaje prema čijim se podacima računa energetska svojstva zgrade za stvarne klimatske uvjete

### 3.1.2.2. ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKE KARAKTERISTIKE ZGRADE

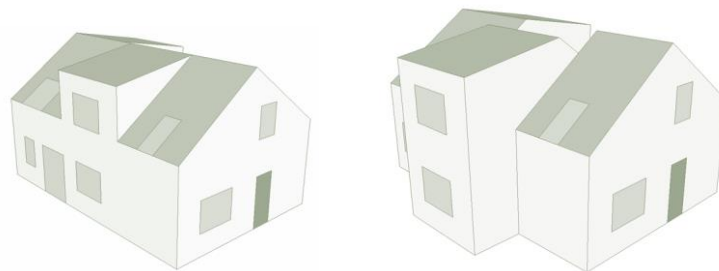
Arhitektonsko-građevinske karakteristike zgrade koje utječu na potrebnu energiju za grijanje i hlađenje jesu: kvaliteta ovojnice zgrade (debljine toplinske izolacije, vrsta ostakljenja i brtvljenje), oblik zgrade (kompaktnost), orijentacija otvora prema stranama svijeta i zaštita od sunca.

Sljedeća tablica prikazuje utjecaj arhitektonsko-građevinskih karakteristika na potrebnu energiju za grijanje i hlađenje u odnosu na referentni primjer. Napravljene su varijante s: dvostrukim debljinama toplinske izolacije, zgradom razvedene dispozicije (s nepovoljnijim faktorom oblika) i različitim orijentacijama.

Tablica 7. Utjecaj arhitektonsko-građevinskih karakteristika na potrebnu energiju za grijanje

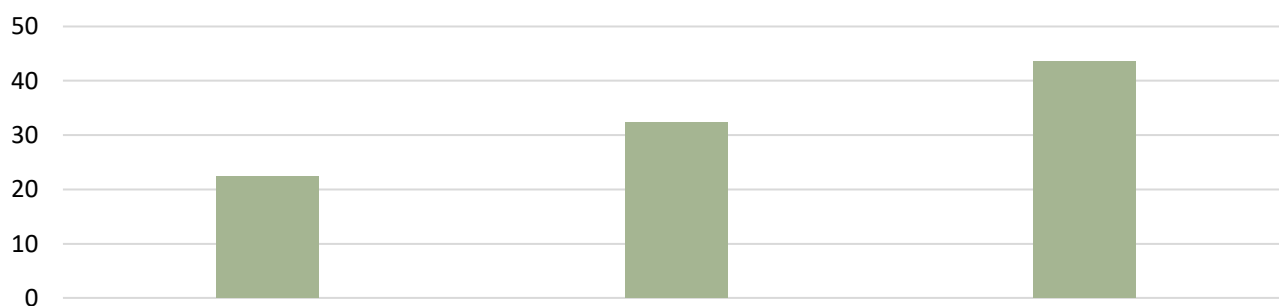


\* Orijentacija se odnosi na pretežitu orijentaciju otvora na zgradi. Kod zgrada s prosječnim dimenzijama prozora orijentacija će imati malen utjecaj, dok će kod zgrada s velikim staklenim ploham a orijentacija imati veći utjecaj na potrebnu energiju za grijanje.



Slika 5. Prikaz zgrade kompaktne ( $f_o = 0,75 \text{ m}^{-1}$ ) i razvedene dispozicije ( $f_o = 0,84 \text{ m}^{-1}$ )

Tablica 8. Utjecaj arhitektonsko-građevinskih karakteristika na potrebnu energiju za hlađenje



#### Vrsta zaštite od sunca

Vanjska pomična zaštita od sunca  
Žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje)  
(referentni primjer)

**22,33 kWh/(m²·a)**

Naprava s unutrašnje strane ili između stakala bijele ili reflektirajuće površine i malene transparentnosti

**32,25 kWh/(m²·a)**

Bez naprave za zaštitu od sunčevog zračenja

**43,48 kWh/(m²·a)**

Potrebna specifična energija za hlađenje;  $Q''_{C,nd}$

### 3.1.2.3. NAMJENA ZGRADE

Tehničkim propisom određene su vrste zgrada prema njihovoj namjeni:

- obiteljska kuća,
- višestambena zgrada,
- uredska zgrada,
- zgrada za obrazovanje,
- zgrada trgovine (na veliko i malo),
- hotel i restoran,
- bolnica,
- sportska dvorana,
- ostale nestambene zgrade.

Za svaku od vrsta zgrada definirani su odgovarajući režimi korištenja, a pritom se misli na unutarnju temperaturu grijanja i hlađenja prostora, na broj dana u tjednu i broj sati u danu rada sustava grijanja i hlađenja - prikazano Algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790.

Zahtjevi za provjetranjem (minimalno potreban protok vanjskog zraka i broj dana/sati rada sustava ventilacije) dani su Algoritmom za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade.

Prema vrsti zgrade određujemo i tehničke sustave koje uzimamo u obzir pri izračunu isporučene i primarne energije:

Tablica 9. Definirani tehnički sustavi\* za proračun isporučene i primarne energije (prema Tehničkom propisu)

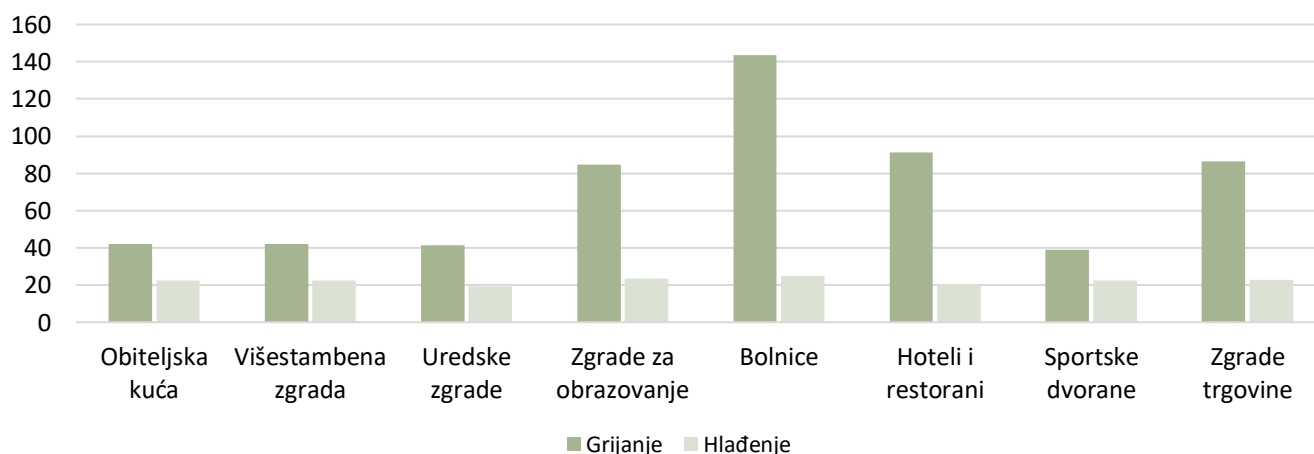
Vrsta zgrade	Sustav grijanja	Sustav hlađenja	Sustav pripreme PTV-a	Sustav mehaničke ventilacije i klimatizacije	Sustav rasvjete
1 Obiteljske kuće	DA	NE	DA		NE
2 Višestambene zgrade	DA	NE	DA		NE
3 Uredske zgrade	DA	DA	NE		DA
4 Zgrade za obrazovanje	DA	NE	NE	Uzima se u obzir	DA
5 Bolnice	DA	DA	DA		DA
6 Hoteli i restorani	DA	DA	DA	ako postoji	DA
7 Sportske dvorane	DA	DA	DA		DA
8 Zgrade trgovine	DA	DA	NE		DA
9 Ostale nestambene zgrade	DA	NE	NE		DA

\* Za izračun udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji mogu se koristiti isporučene energije svih tehničkih sustava ugrađenih u zgradi

Nadalje, prema namjeni zgrade očekujemo različite procese u zgradi, opremu, veći ili manji broj osoba što generira različite količine topline. Prema Tehničkom propisu za zgrade stambene namjene, unutarnji dobici topline od osoba i opreme procjenjuju se na 5 W/m<sup>2</sup>, a u nestambenim na 6 W/m<sup>2</sup>. Također, drukčiji su režimi korištenja i potrebe za provjetranjem.

Ako obiteljsku kuću iz referentnog primjera prenamijenimo u zgradu druge namjene, doći će do promjene u potrebnoj energiji za grijanje i hlađenje. Također, za proračun primarne energije i udjela obnovljivih izvora energije biti će potrebno uzeti u obzir druge sustave u zgradi.

Tablica 10. Utjecaj promjene namjene zgrade na specifičnu potrebnu energiju za grijanje  $Q''_{H,nd}$  i hlađenje  $Q''_{C,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)]



Za različite vrste zgrada, razlike u potrebnoj energiji za grijanje su velike zbog različitih režima korištenja, unutarnjih projektnih temperatura, unutarnjih toplinskih dobitaka i zahtjeva za provjetranjem.

### 3.1.2.4. PROVJETRAVANJE

Ovisno o vrsti i namjeni zgrade, broju osoba ili procesima, može postojati potreba za jačim ili slabijim provjetravanjem prostora. U zgradama možemo imati prirodnu i/ili prisilnu ventilaciju. Način ventiliranja zone/zgrade direktno utječe na izračun potrebne energije za grijanje i hlađenje  $Q_{H,nd}$  i  $Q_{C,nd}$ .

**Prirodna ventilacija** podrazumijeva izmjenu zraka u prostoru bez korištenja ventilatora (otvaranjem prozora te infiltracijom kroz reške, ventilacijske otvore ili rešetke).

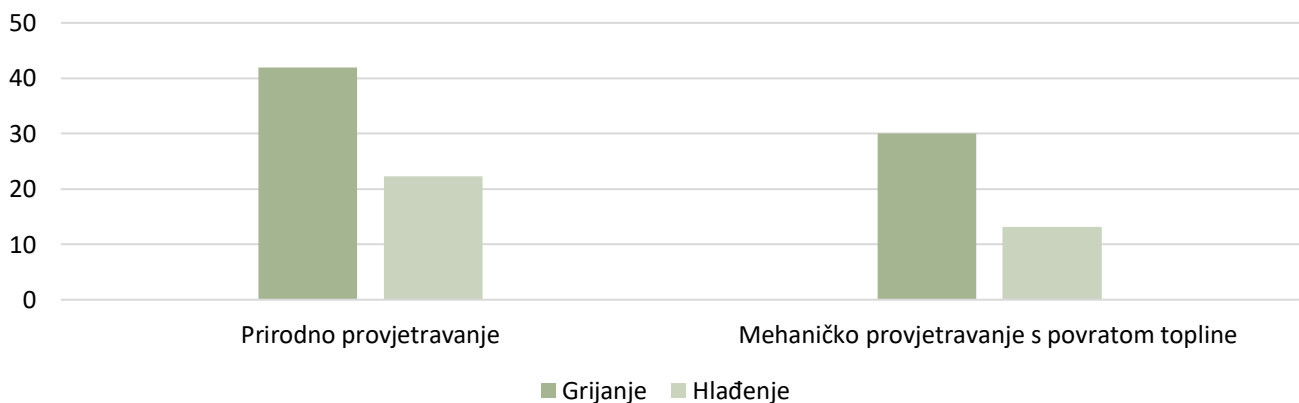
**Prisilna (mehanička) ventilacija** podrazumijeva izmjenu zraka u prostoru pomoću ventilatora.

Prisilna ventilacija može biti bez iskorištavanja otpadne topline ili s iskorištavanjem otpadne topline. U tom slučaju govorimo o prisilnoj ventilaciji s rekuperacijom topline ili o prisilnoj ventilaciji s izmjenjivačima topline.

Prirodna ventilacija u stambenim zgradama iznosi oko trećinu toplinskih gubitaka, dok bi u prostorima ostalih namjena s velikim brojem korisnika (npr. učionice ili kinodvorane) prirodna ventilacija predstavljala prevelik gubitak topline. Mehanička ventilacija s povratom topline može znatno sniziti potrebnu energiju za grijanje, ali njenim korištenjem povećava se pomoćna energija za ventilaciju.

Ako bi se u obiteljsku kuću iz primjera ugradila mehanička ventilacija s povratom topline, došlo bi do značajnog smanjenja potrebne energije za grijanje i hlađenje.

Tablica 11. Utjecaj mehaničke ventilacije na potrebnu specifičnu energiju za grijanje i hlađenje



**Referentni primjer**  
Prirodno provjetranje

Potrebna specifična energija za grijanje;  $Q''_{H,nd}$   
 $Q''_{H,nd} = 41,97 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

Potrebna specifična energija za hlađenje;  $Q''_{C,nd}$   
 $Q''_{C,nd} = 22,33 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

**Promjena načina provjetranja**

Ugradnja mehaničke ventilacije s povratom topline učinkovitosti 70%;  
Mehaničko provjetranje koristi se samo tijekom najhladnijih i najtoplijih dana u godini, ostatak vremena primjenjuje se prirodno provjetranje;  
U prijelaznom razdoblju, utjecaj povrata topline bio bi malen, a konstantan rad ventilacije povećao bi potrošnju pomoćne energije;

$Q''_{H,nd} = 30,07 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

$Q''_{C,nd} = 13,16 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

### 3.1.3. POTREBNA ENERGIJA ZA POTROŠNU TOPLU VODU

Potrebna energija za pripremu potrošne tople vode jest količina energije koju je potrebno predati sanitarnoj vodi kako bi postigla zahtijevanu temperaturu. Prema Tehničkom propisu, potrebna toplinska energija za pripremu potrošne tople vode određuje se projektom ili prema Algoritmu za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama – Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode. Potrebnu energiju za pripremu potrošne tople vode označavamo s  $Q_w$ , a izražavamo u kWh/god.

Potrebna energija za pripremu potrošne tople vode ne ovisi o energentima, vrsti termotehničkih sustava kao ni o razvodu tople vode.

## 3.2. ISPORUČENA ENERGIJA

Isporučena energija je količina energije koju je potrebno isporučiti zgradi za rad tehničkih sustava. Količina isporučene energije ovisi o potrebnoj energiji i učinkovitosti termotehničkog sustava. Ovisno o namjeni zgrade, a prema Tablici 8.a Tehničkog propisa, isporučena energija računa se za sustave grijanja, hlađenja, pripreme potrošne tople vode, mehaničke ventilacije i rasvjete. Isporučenu energiju označavamo s  $E_{del}$ , a izražavamo u kWh/god.

### 3.2.1. UČINKOVITOST TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA

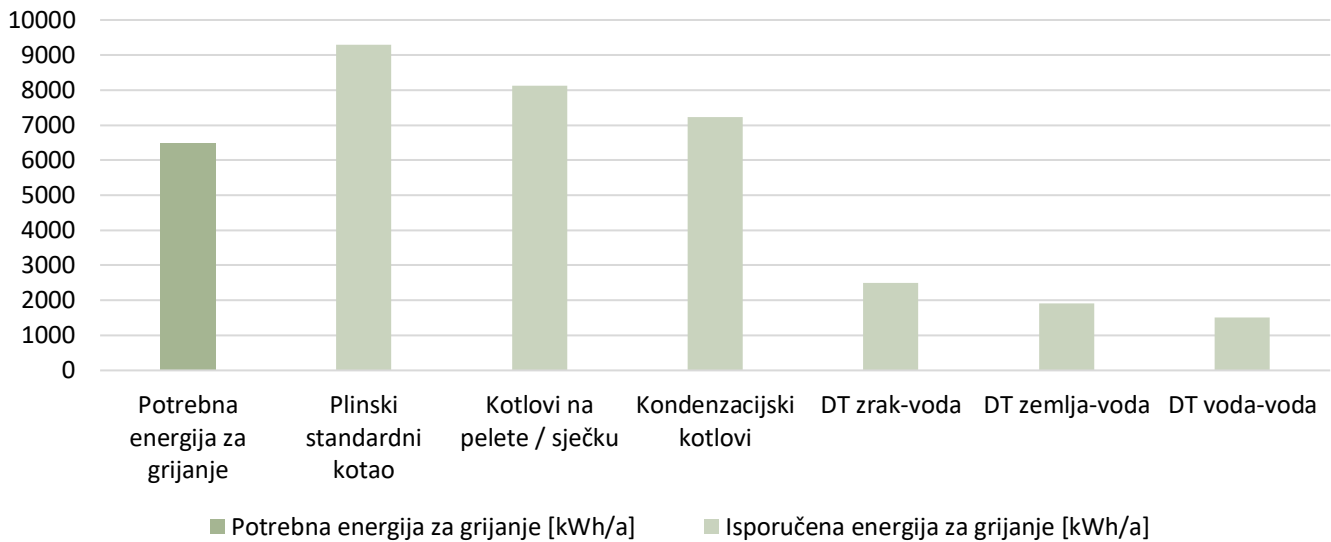
Zbog nesavršenosti termotehničkih sustava, dio energije se neizbježno gubi. Učinkovitost termotehničkog sustava jest omjer energije koju je sustav uspješno predao prostoru i energije koja je isporučena termotehničkom sustavu. Gubici sustava sastoje se od gubitaka podsustava proizvodnje (npr. kotao), distribucije (cjevovodi) i emisije (ogrjevna tijela i regulacija). Isporučena energija za primjerice grijanje može se pojednostavljeno promatrati kao zbroj potrebne (korisne) energije za grijanje prostora i gubitaka sustava grijanja. Isporučena energija za sve tehničke sustave računa se prema Algoritmima koji se mogu naći na mrežnim stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (<https://mgipu.gov.hr>):

- Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790
- Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama – Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode
- Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama – Sustavi kogeneracije, sustavi daljinskog grijanja, fotonaponski sustavi
- Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade
- Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Energijski zahtjevi za rasvjetu

Suvremeni kondenzacijski kotlovi iskorištavaju energiju i iz otpadnih plinova, stoga im je potrebno isporučiti oko 20% manje energije nego standardnim kotlovima. Učinkovitost termotehničkih sustava koji za grijanje koriste energiju sadržanu u energentu (prirodni plin, ogrjevno drvo, drveni peleti...) u pravilu je uvijek niža od učinkovitosti termotehničkih sustava koji toplinu preuzimaju iz okoliša (dizalice topline). Dizalice topline električnu energiju ne koriste za grijanje, već samo kako bi preuzimale energiju iz okoliša.

### 3.2.2. UTJECAJ TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA NA ISPORUČENU ENERGIJU

Isporučena energija ovisi o potrebnoj energiji i učinkovitosti sustava. To znači da će primjenom učinkovitijih sustava i sustava koji koriste obnovljivu energiju okoliša isporučena energija biti manja. Na referentnom primjeru obiteljske kuće u Zagrebu moguće je usporediti rezultate isporučene energije za grijanje ovisno o primijenjenom termotehničkom sustavu.



Slika 6. Isporučena energija za grijanje ovisno o primijenjenom termotehničkom sustavu,  $E_{del,H}$  [kWh/a]

Ovisno o energentu, 1 kWh isporučene energije razlikuje se u cijeni, faktoru primarne energije i CO<sub>2</sub> emisijama.

Podaci o izračunatoj potrošnji isporučene energije za grijanje dani su samo ilustrativno, a isti se uvelike mogu razlikovati u ovisnosti od tehničkih karakteristika komponenata termotehničkih sustava i o projektnom rješenju.

### 3.3. PRIMARNA ENERGIJA

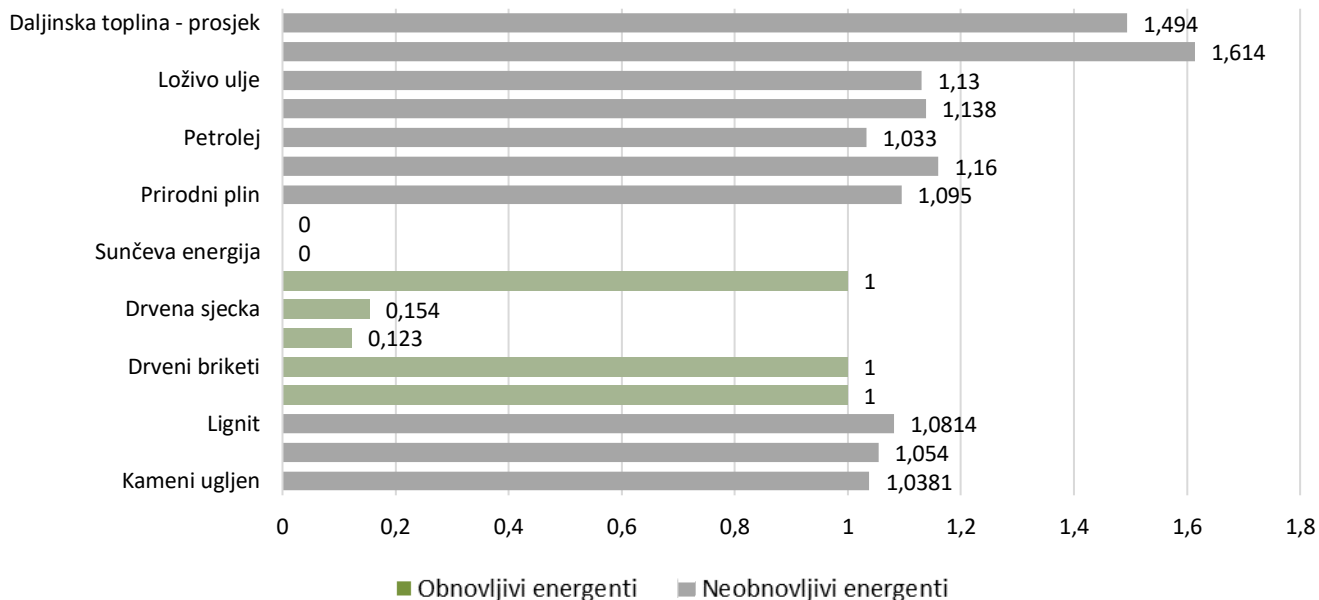
Primarna energija je energija sadržana u energentu uključivo s utrošenom energijom za prikupljanje (iskapanje), obradu i transport energenta do korisnika.

Primarnu energiju označavamo s  $E_{prim}$ , a računamo je kao umnožak isporučene količine energenta za tehnički sustav i faktora primarne energije.

$$E_{prim} = E_{del} \times fp \text{ [kWh/god]}$$

#### 3.3.1. FAKTORI PRIMARNE ENERGIJE

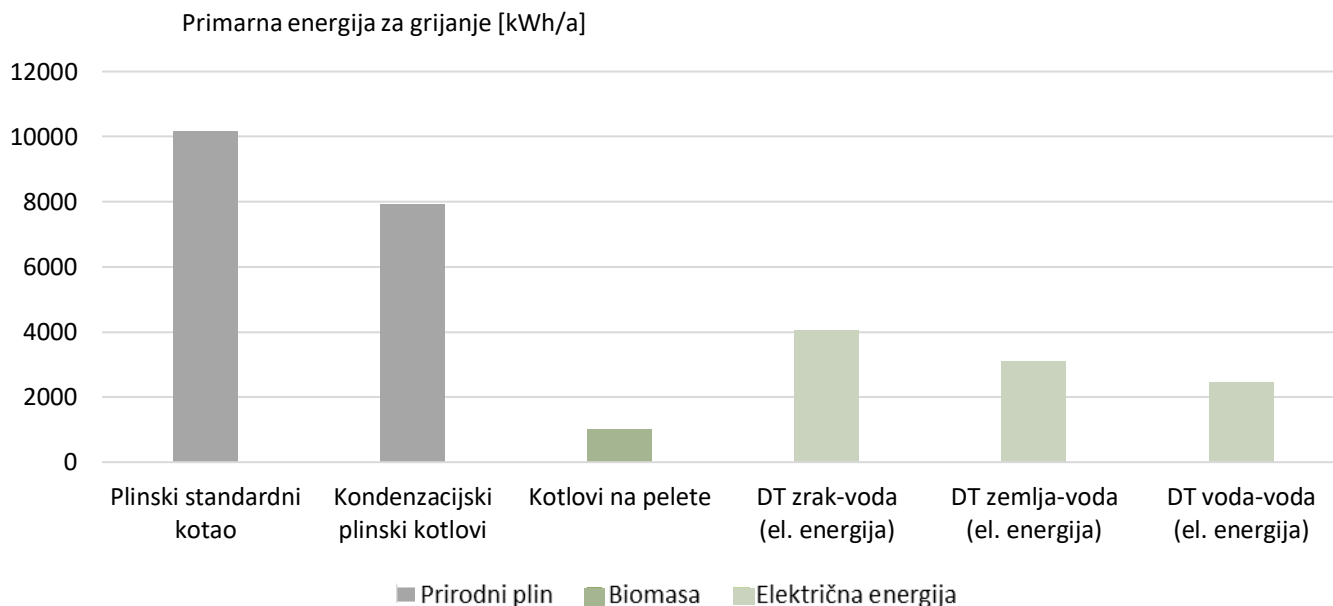
Izračun energetske svojstva zgrade u pogledu potrošnje primarne energije određuje se prema isporučenoj energiji i faktoru primarne energije energenta. Faktore primarne energije određuje svaka država članica za sebe. Oni su određeni prema svom utjecaju na okoliš ili prema energetskim ciljevima države. Obnovljivi energenti imaju niske vrijednosti, dok neobnovljivi energenti imaju visoke vrijednosti faktora primarne energije.



Slika 7. Faktori primarne energije

### 3.3.2. UTJECAJ TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA I ENERGENATA NA POTROŠNJU PRIMARNE ENERGIJE

Na referentnom primjeru obiteljske kuće u Zagrebu moguće je usporediti rezultate potrošnje primarne energije za grijanje ovisno o primijenjenom termotehničkom sustavu i energentu.



Slika 8. Potrošnja primarne energije za grijanje ovisno o primijenjenom termotehničkom sustavu

Podaci o izračunatoj potrošnji primarne energije za grijanje dani su samo ilustrativno, a isti se uvelike mogu razlikovati u ovisnosti od tehničkih karakteristika komponenata termotehničkih sustava i o projektnom rješenju.



### 3.4. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije jesu obnovljivi nefosilni izvori, tj. energija vjetra, sunčeva energija, aerotermalna, geotermalna, hidrotermalna energija i energija mora, hidroenergija, biomasa, deponijski plin, plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i bioplinovi.

#### 3.4.1. UDIO OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Udio obnovljivih izvora energije određuje se prema neobnovljivoj i obnovljivoj energiji isporučenoj zgradi, energiji proizvedenoj na lokaciji zgrade i izvezenoj energiji.

Isporučena energija  $E_{del}$  uključuje energiju isporučenu zgradi a koja obuhvaća jednu ili više sljedećih komponenata:

- Neobnovljiva energija isporučena zgradi uključuje električnu energiju dobivenu iz mreže elektroopskrbe i lokalno korištena fosilna goriva ili daljinsko grijanje toplinom dobivenom iz fosilnih goriva.
- Obnovljiva energija isporučena zgradi uključuje lokalno korištena obnovljiva biogoriva ili daljinsko grijanje toplinom dobivenom iz obnovljivih biogoriva [ $E_{ren1}$ ].

Obnovljiva energija proizvedena na lokaciji zgrade [ $E_{ren}$ ] uključuje:

- energiju preuzetu iz okoliša dizalicama topline
- solarnu energiju iskorištenu za zagrijavanje vode
- električnu energiju proizvedenu fotonaponskim (ili drugim) sustavima.

Izvezena energija je višak proizvedene energije predan u mrežu.

Udio obnovljivih izvora energije računamo korištenjem sljedeće formule:

$$\chi_{ren} = (E_{ren} + E_{ren1}) / (E_{ren} + E_{del}) \times 100$$

gdje su:

$E_{ren}$  [kWh/a] – obnovljiva energije proizvedena na lokaciji zgrade (solarni kolektori, dizalice topline, proizvedena električna energija,...)

$E_{ren1}$  [kWh/a] – obnovljiva energija isporučena zgradi (korištenje biogoriva,...)

$E_{del}$  [kWh/a] – isporučena energija

### 3.5. ZAHTJEVI TEHNIČKOG PROPISA ZA GOTOVO NULA ENERGETSKE ZGRADE

Osnovni zahtjevi za nZEB standard odnose se na potrebnu energiju za grijanje, primarnu energiju i udio obnovljivih izvora energije u isporučenoj energiji.

Dopuštena potrebna energija za grijanje i primarna energija određuju se prema faktoru oblika i namjeni zgrade.

Tablica 12. Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije grijane i/ili hladene na temperaturu 18 °C ili više (prema Tehničkom propisu)

ZAHTJEVI ZA NOVE ZGRADE i nZEB / GOEZ	$Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]						$E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]			
	NOVA ZGRADA i nZEB / GOEZ						NOVA		nZEB / GOEZ	
	kontinent, $\Theta_{mm} \leq 3$ °C			primorje, $\Theta_{mm} > 3$ °C			kont $\Theta_{mm} \leq$ 3 °C	prim $\Theta_{mm} >$ 3 °C	kont $\Theta_{mm} \leq$ 3 °C	prim $\Theta_{mm} >$ 3 °C
$f_0 \leq$ 0,20	$0,20 < f_0 <$ 1,05	$f_0 \geq$ 1,05	$f_0 \leq$ 0,20	$0,20 < f_0 <$ 1,05	$f_0 \geq$ 1,05					
Višestambena	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	120	90	80	50
Obiteljska kuća	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$17,16 + 38,42 \cdot f_0$	57,50	115	70	45	35
Uredska	16,94	$8,82 + 40,58 \cdot f_0$	51,43	16,19	$11,21 + 24,89 \cdot f_0$	37,34	70	70	35	25
Obrazovna	11,98	$3,86 + 40,58 \cdot f_0$	46,48	9,95	$4,97 + 24,91 \cdot f_0$	31,13	65	60	55	55
Bolnica	18,72	$10,61 + 40,58 \cdot f_0$	53,21	46,44	$41,46 + 24,89 \cdot f_0$	67,60	300	300	250	250
Hotel i restoran	35,48	$27,37 + 40,58 \cdot f_0$	69,98	11,50	$6,52 + 24,89 \cdot f_0$	32,65	130	80	90	70
Sportska dvorana	96,39	$88,28 + 40,58 \cdot f_0$	130,89	37,64	$32,66 + 24,91 \cdot f_0$	58,82	400	170	210	150
Trgovina	48,91	$40,79 + 40,58 \cdot f_0$	83,40	13,90	$8,92 + 24,91 \cdot f_0$	35,08	450	280	170	150
Ostale nestambene	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	150	100	/	/

Zgrade gotovo nulte energije ispunjavaju zahtjeve u pogledu primjene obnovljivih izvora energije ako je najmanje 30% godišnje isporučene energije podmireno iz obnovljivih izvora energije.

### 3.6. VARIJANTE TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA ZA GOTOVO NULA ENERGETSKE ZGRADE

U ovom poglavlju prikazat će se detaljnije varijantna rješenja gotovo nula energetskih zgrada za tri različite namjene i dvije lokacije za različite klimatske zone – kontinentalnu i primorsku Hrvatsku.

**Namjene:** obiteljska kuća, višestambena zgrada i zgrada obrazovne namjene.

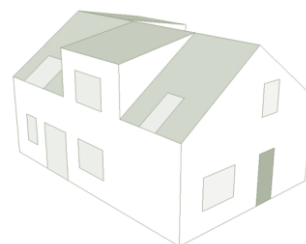
**Lokacije:** Zagreb - Maksimir i Split - Marjan

Napravljena su tri prosječna modela zgrada različitih namjena, na kojima su prikazani rezultati potrošnje energije ovisno o lokaciji, kao i varijante termotehničkih sustava potrebnih kako bi se zadovoljio standard gotovo nula energetskih zgrada. Građevinske karakteristike ovojnice, koje se razlikuju ovisno o lokaciji iskazane su za svaki primjer.

Tablica 13. Prostorni prikazi modela zgrada različite namjene i osnovni podaci

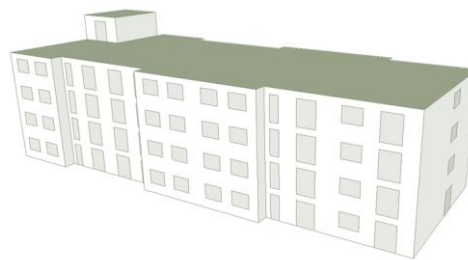
#### Obiteljska kuća

Površina: 155 m<sup>2</sup>;  
 Etažnost: P+Pk;  
 Konstrukcija: Zidana konstrukcija s polumontažnim međukatnim konstrukcijama i drvenim krovom;



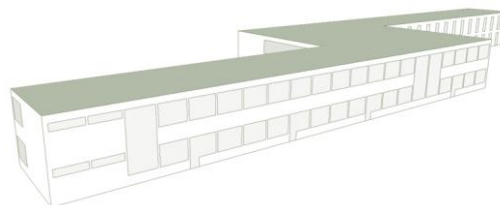
### Višestambena zgrada

Broj stanova: 28  
Ukupna površina stanova: 2015 m<sup>2</sup>;  
Etažnost: P+3;  
Konstrukcija: Armiranobetonski nosivi zidovi i zidani zidovi ispune, armiranobetonske masivne stropne ploče;



### Obrazovna zgrada

Broj jedinica: 14  
Površina: 2918 m<sup>2</sup>;  
Etažnost: P+1;  
Konstrukcija: Armiranobetonski nosivi zidovi i zidani zidovi ispune, armiranobetonske masivne stropne ploče;



Za svaki model i referentnu klimatsku zonu prikazane su varijante termotehničkih sustava koje je potrebno primijeniti kako bi se ispunili zahtjevi za gotovo nula energetski standard, kao i rezultati potrošnje energije koji se na taj način postižu.

Analizirane su sljedeće varijante termotehničkih sustava:

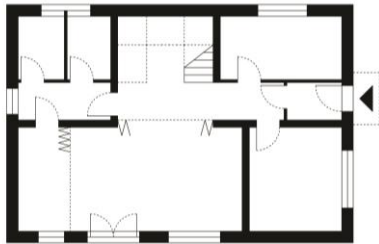
- Plinski kondenzacijski kotao/bojler u kombinaciji s fotonaponskim panelima
- Plinski kondenzacijski kotao/bojler u kombinaciji sa solarnim panelima
- Plinski kondenzacijski kotao/bojler u kombinaciji sa solarnim panelima i mehaničkom ventilacijom s rekuperacijom
- Plinski kondenzacijski kotao/bojler u kombinaciji sa solarnim i fotonaponskim panelima
- Daljinsko grijanje u kombinaciji s fotonaponskim panelima
- Dizalice topline zrak-voda potpomognute s kondenzacijskim bojlerima
- Dizalice topline zrak-zrak i električni bojleri
- Kotlovi na pelete

### 3.6.1. OBITELJSKE KUĆE

#### 3.6.1.1. OBITELJSKE KUĆE - KONTINENTALNA HRVATSKA

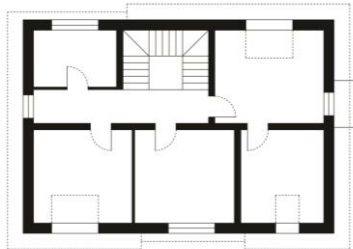
Prikaz zgrade

10 11 1 1 1 15m

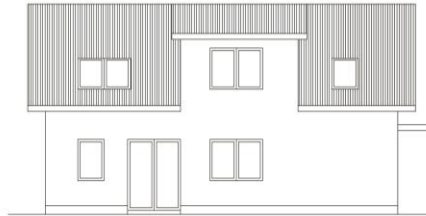


PRIZEMLJE

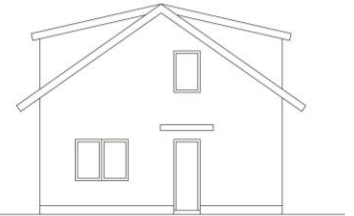
5



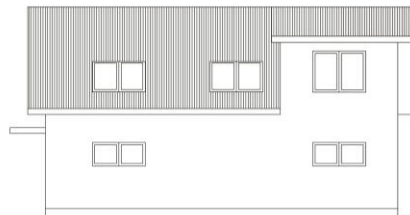
POTKROVLJE



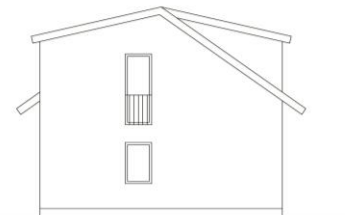
JUG



ISTOK



SJEVER



ZAPAD

#### Geometrijske karakteristike zgrade

Katnost	P + Pk					
Grijana korisna površina, $A_k$	155	$m^2$				
Volumen grijanog prostora, $V_e$	582	$m^3$				
Faktor oblika, $f_o$	0,75	$m^{-1}$				
Orijentacija otvora	Jug	17,10	$m^2$	Istok	3,78	$m^2$
	Sjever	11,88	$m^2$	Zapad	3,42	$m^2$

Meteorološka postaja

Zagreb - Maksimir

#### Građevinske i tehničke karakteristike

Sastav konstrukcija

Zidovi od blok opeke s 15 cm toplinske izolacije  
 Pod na tlu s 10 cm toplinske izolacije  
 Drveno krovništvo s 21 cm toplinske izolacije  
 Prozori ostakljeni s dvostrukim IZO staklom  
 (Zaštita od sunca roletama)

Ventilacija

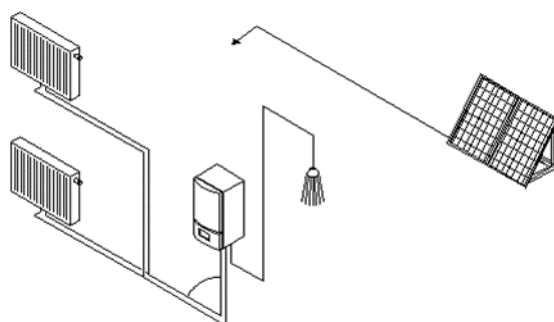
Svi prostori prirodno provjetravani

#### Rezultati

Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	41,97	$kWh/(m^2 \cdot a)$	<b>Dopušteno</b>	max 62,80	$kWh/(m^2 \cdot a)$
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	22,33	$kWh/(m^2 \cdot a)$		max 50,00	$kWh/(m^2 \cdot a)$

**OBITELJSKE KUĆE: KONTINENTALNA HRVATSKA**

**1. PLINSKI KONDENZACIJSKI BOJLER U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA**



<b>Termotehnički sustav</b>	Plinski kombi kondenzacijski boiler u kombinaciji s fotonaponskim panelima
Energenti	Prirodni plin i električna energija
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 3 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 20 m <sup>2</sup>

<b>Isporučena energija po sustavima</b>	
Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	9 636 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	3 186 kWh/a

<b>Energetsko svojstvo zgrade</b>	
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	6 550 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	5 571 kWh/a

<b>Zahtjev za nZEB</b>	<b>Izračunato</b>	<b>Dopušteno</b>
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	35,94 kWh/(m <sup>2</sup> -a)	max 45,00 kWh/(m <sup>2</sup> -a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	32,72 %	min 30 %

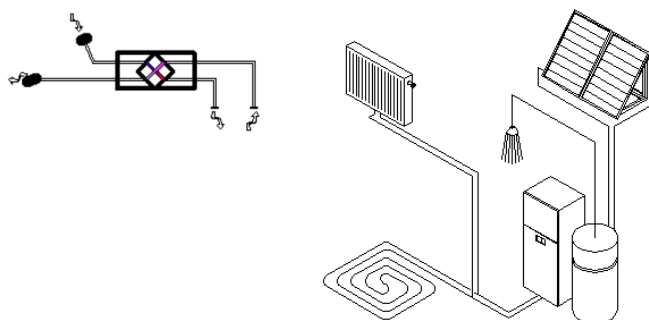
Komentar:

Gotovo nula energetski standard moguće je postići i sustavima koji primarno koriste fosilna goriva, ali obvezno u kombinaciji s obnovljivim energentima. Fotonaponski sustav u ovom primjeru spušta razinu potrošnje primarne energije i povećava udio obnovljivih izvora energije u isporučenoj energiji.

Sljedećim primjerom analizirano je rješenje s ugrađenim solarnim kolektorima za grijanje i PTV umjesto fotonaponskih panela uz isti plinski boiler i radijatore kao ogrjevna tijela, pri čemu je maksimalno postignut udio OIE iznosio oko 26%, što nije dovoljno za ispunjavanje nZEB standarda. Povećanje udjela OIE na zahtijevanih 30%, uz zadržavanje odabranog tehničkog sustava, u ovom slučaju možemo jedino ostvariti smanjenjem potrebne energije za grijanje. Kao što je već opisano, potrebna energija za grijanje ovisi o projektnom rješenju zgrade (toplinska izolacija, otvori, orijentacija, faktor oblika i ostalo) te o načinu provjetravanja prostora korištenjem mehaničke ventilacije s rekuperacijom, umjesto prirodne ventilacije rezultira smanjenjem potrebne energije za grijanje, a rezultati su dani u sljedećem primjeru:

Meteorološka postaja	Zagreb - Maksimir		
<b>Građevinske i tehničke karakteristike</b>			
Sastav konstrukcija	Zidovi od blok opeke s 15 cm toplinske izolacije Pod na tlu s 10 cm toplinske izolacije Drveno krovšte s 21 cm toplinske izolacije Prozori ostakljeni s dvostrukim IZO staklom (Zaštita od sunca roletama);		
Ventilacija	<i>Kombinacija prirodnog provjetravanja i mehaničke ventilacije s rekuperacijom (250 m<sup>3</sup>/h)</i>		
<b>Rezultati</b>			
Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	30,08	kWh/m <sup>2</sup> ·a	<b>Dopušteno</b> max 62,80 kWh/m <sup>2</sup> ·a
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	13,17	kWh/m <sup>2</sup> ·a	max 50,00 kWh/m <sup>2</sup> ·a

## 2. PLINSKI KONDENZACIJSKI BOJLER U KOMBINACIJI SA SOLARNIM SUSTAVOM I MEHANIČKOM VENTILACIJOM



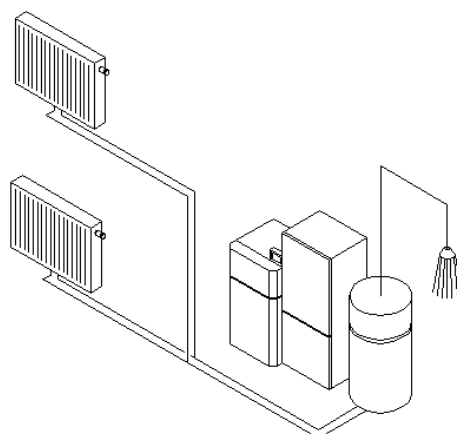
<b>Termotehnički sustav</b>	Plinski kondenzacijski boiler u kombinaciji s fotonaponskim panelima		
Energenti	Prirodni plin i električna energija		
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao + solarni sustav za grijanje i pripremu PTV		
Predaja topline	Radijatori + podno grijanje		
Obnovljivi izvor	Solarni sustav; površina solarnih kolektora ~ 15 m <sup>2</sup>		
Ventilacija	Mehanička ventilacija s rekuperacijom učinkovitosti 75%		

<b>Isporučena energija po sustavima</b>			
Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	5 489		kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>		
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>		
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0		kWh/a

<b>Energetsko svojstvo zgrade</b>			
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	5 676	kWh/a	
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	6 313	kWh/a	

<b>Zahtjev za nZEB</b>		<b>Izračunato</b>	<b>Dopušteno</b>
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	40,73	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 45,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	31,16	%	min 30 %

### 3. KOTAO NA BIOMASU



#### Termotehnički sustav Kotao na biomasu (pelete)

Energenti	Drveni peleti + električna energija
Proizvodnja topline	Kotao ložen peletima za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Drvena biomasa

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	12 205 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	12 360 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	1 751 kWh/a

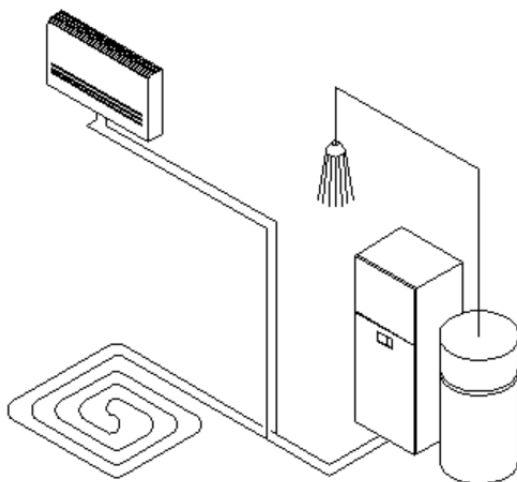
#### Zahtjev za nZEB

	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	11,29 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 45,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	98,75 %	min 30 %

Komentar:

U trećoj varijanti primijenjen je obnovljivi energent – drvena biomasa. Iz prikazanih rezultata može se vidjeti da je u ovom primjeru isporučena energija znatno veća od isporučene energije u prethodnim primjerima, dok je primarna energija znatno niža. Električna energija koristi se samo za pogon pomoćnih sustava (cirkulacijska pumpa), te je udio obnovljivih izvora gotovo 100%.

#### 4. DIZALICA TOPLINE ZRAK-VODA



##### Termotehnički sustav

Dizalica topline zrak - voda

Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	Dizalica topline za grijanje i pripremu PTV + dodatni električni grijač
Predaja topline	Ventilokonvektori + podno grijanje
Obnovljivi izvor	Dizalica topline – energija okoliša

##### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	3 614 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

##### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	3 614 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	5 834 kWh/a

##### Zahtjev za nZEB

	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	37,64 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 45,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	61,81 %	min 30 %

Komentar:

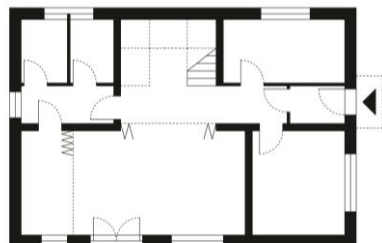
U četvrtoj varijanti primijenjena je dizalica topline zrak-voda za grijanje i PTV. Dodatno je ugrađen električni grijač za rad pri niskim vanjskim temperaturama kada dizalica topline radi sa smanjenim kapacitetom ili uopće ne radi.



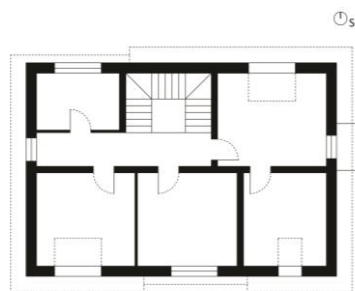
### 3.6.1.2. OBITELJSKE KUĆE - PRIMORSKA HRVATSKA

#### Prikaz zgrade

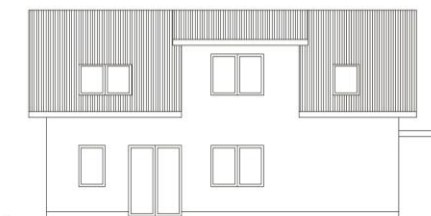
10 11 12 13 14 15m



PRIZEMLJE



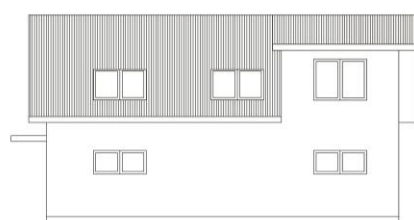
POTKROVLJE



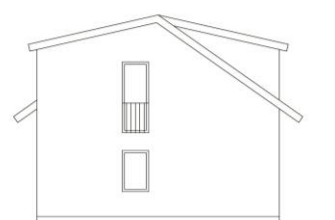
JUG



ISTOK



SJEVER



ZAPAD

#### Geometrijske karakteristike zgrade

Katnost	P + Pk					
Grijana korisna površina, $A_k$	155	$m^2$				
Volumen grijanog prostora, $V_e$	582	$m^3$				
Faktor oblika, $f_o$	0,75	$m^{-1}$				
Orijentacija otvora	Jug	17,10	$m^2$	Istok	3,78	$m^2$
	Sjever	11,88	$m^2$	Zapad	3,42	$m^2$

#### Meteorološka postaja

Split - Marjan

#### Građevinske i tehničke karakteristike

##### Sastav konstrukcija

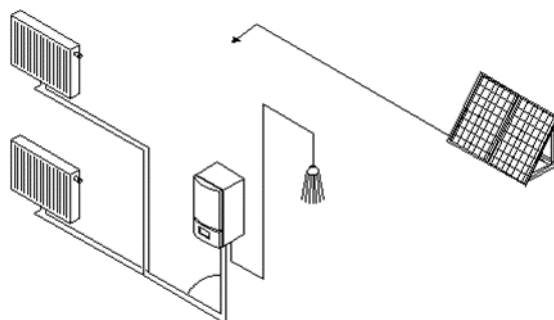
Zidovi od blok opeke s 8 cm toplinske izolacije  
 Pod na tlu sa 7 cm toplinske izolacije  
 Drveno krovšte s 21 cm toplinske izolacije  
 Prozori ostakljeni s dvostrukim IZO staklom (zaštita od sunca griljama)  
 Svi prostori prirodno provjetravani

##### Ventilacija

#### Rezultati

			Dopušteno
Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	18,00	$kWh/(m^2 \cdot a)$	max 45,95 $kWh/(m^2 \cdot a)$
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	36,65	$kWh/(m^2 \cdot a)$	max 50,00 $kWh/(m^2 \cdot a)$

**1. PLINSKI KONDENZACIJSKI BOJLER U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA**



<b>Termotehnički sustav</b>	Plinski kondenzacijski boiler u kombinaciji s fotonaponskim panelima
Energenti	Prirodni plin i električna energija
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 1,5 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 10 m <sup>2</sup>

<b>Isporučena energija po sustavima</b>	
Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	5 941 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	1 995 kWh/a

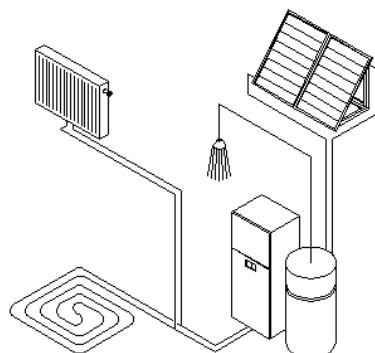
<b>Energetsko svojstvo zgrade</b>	
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	4 041 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	3 439 kWh/a

<b>Zahtjev za nZEB</b>	<b>Izračunato</b>	<b>Dopušteno</b>
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	22,19 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 35,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	33,05 %	min 30 %

Komentar:

Gotovo nula energetski standard moguće je postići i sustavima koji primarno koriste fosilna goriva, ali obavezno u kombinaciji s obnovljivim energentima. Fotonaponski sustav u ovom primjeru spušta razinu potrošnje primarne energije i povećava udio obnovljivih izvora energije u isporučenoj energiji. Usporedbom s obiteljskom kućom na kontinentu sa sličnim tehničkim sustavima vidljivo je da je za postizanje nZEB standarda u primorskoj klimi potrebno dvostruko manja električna snaga fotonaponskih panela.

## 2. PLINSKI KONDENZACIJSKI BOJLER U KOMBINACIJI SA SOLARNIM SUSTAVOM



**Termotehnički sustav** Plinski kondenzacijski boiler u kombinaciji sa solarnim sustavom

Energenti	Prirodni plin i električna energija
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao + solarni sustav za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Radijatori + podno grijanje
Obnovljivi izvor	Solarni sustav; površina solarnih kolektora ~ 5 m <sup>2</sup>

### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	3 134 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

### Energetsko svojstvo zgrade

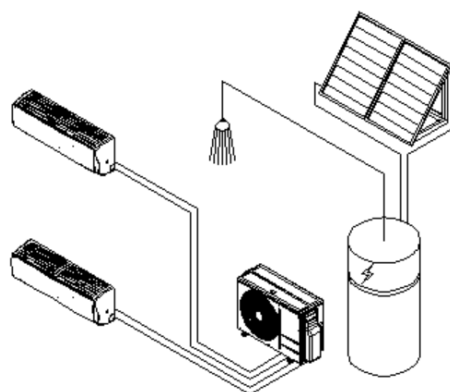
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	3 764 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	4 448 kWh/a

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	28,70 kWh/(m <sup>2</sup> -a)	max 35,00 kWh/(m <sup>2</sup> -a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	33,9 %	min 30 %

Komentar:

U primorskoj klimatskoj zoni moguće je ispuniti zahtjeve za nZEB zgrade korištenjem plinskog kondenzacijskog bojlera u kombinaciji sa solarnim sustavom za grijanje i PTV, dok to u kontinentalnoj klimatskoj zoni nije bilo moguće. Razlog se može naći u većoj osunčanosti, a time i većoj količini energije koja se može proizvesti sustavom solarnih kolektora, te nižom potrebnom energijom za grijanje u primorskoj Hrvatskoj u odnosu na kontinentalnu Hrvatsku.

### 3. DIZALICA TOPLINE ZRAK-ZRAK I SOLARNI SUSTAV ZA PTV



**Termotehnički sustav** Dizalica topline zrak-zrak (split ili multi split sustav) i solarni sustav

Energenti Električna energija  
 Proizvodnja topline Split sustavi + solarni sustav za PTV u kombinaciji s električnim grijačem  
 Predaja topline Unutarnje jedinice  
 Obnovljivi izvor Solarna energija i dizalica topline – energija okoliša

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	1 851 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	2 698 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	4 355 kWh/a

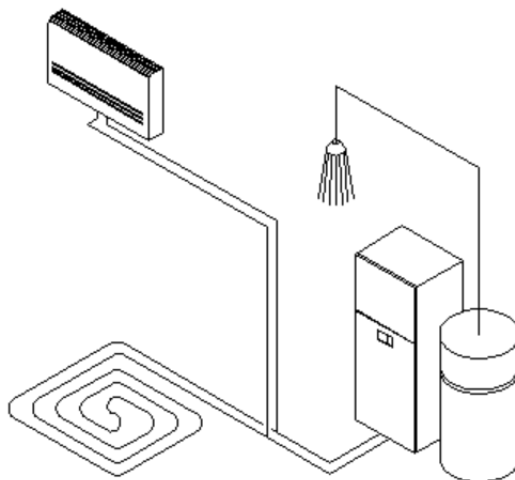
#### Zahtjev za nZEB

	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	28,09 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 35,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	55,40 %	min 30 %

Komentar:

U trećoj varijanti primijenjena je dizalica topline zrak-zrak (split uređaji) za grijanje i solarni sustav za PTV potpomognut električnim grijačem. Površina solarnih panela iznosi oko 5 m<sup>2</sup>.

#### 4. DIZALICA TOPLINE ZRAK-VODA



Termotehnički sustav	Dizalica topline zrak-voda
Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	Dizalica topline za grijanje i PTV
Predaja topline	Ventilokonvektori i podno grijanje
Obnovljivi izvor	Dizalica topline – energija okoliša

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	1 971 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	1 971 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	3 181 kWh/a

#### Zahtjev za nZEB

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	20,52 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 35,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	61,32 %	min 30 %

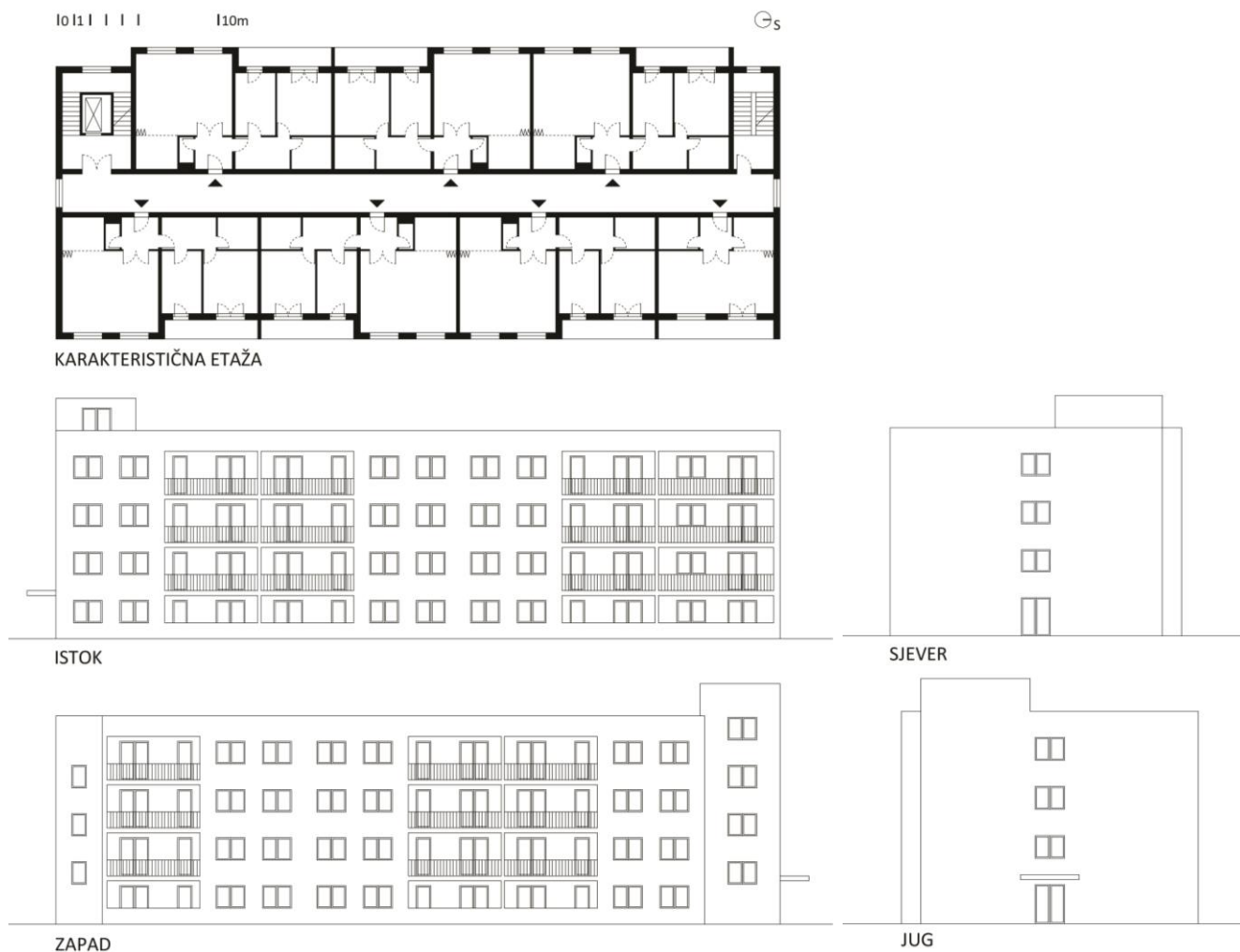
Komentar:

Rješenje s dizalicom topline zrak-voda očekivano zadovoljava nZEB standard. Za kuću smještenu u primorskoj klimatskoj zoni uz korištenje visokotemperaturnih dizalica topline nije potreban dodatni električni grijač.

### 3.6.2. VIŠESTAMBENE ZGRADE

#### 3.6.2.1. VIŠESTAMBENE ZGRADE - KONTINENTALNA HRVATSKA

Prikaz zgrade



#### Geometrijske karakteristike zgrade

Katnost	P + 3			
Grijana korisna površina, $A_k$	2015	m <sup>2</sup>		
Volumen grijanog prostora, $V_e$	7226	m <sup>3</sup>		
Faktor oblika, $f_o$	0,56	m <sup>-1</sup>		
Orijentacija otvora	Jug	Sjever	Istok	Zapad
	0,00	0,00	165,60	138,24
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>

Meteorološka postaja Zagreb - Maksimir

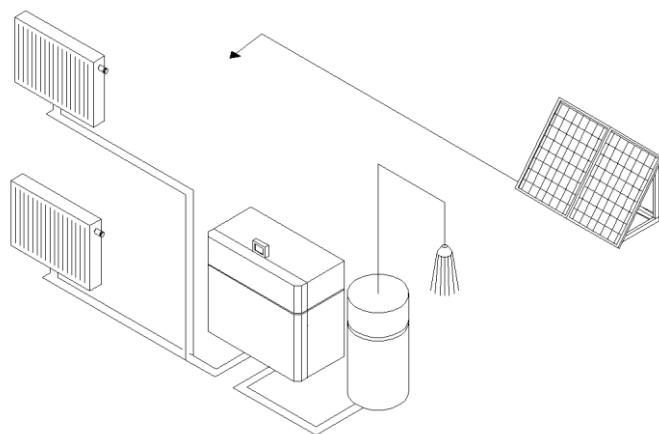
#### Građevinske i tehničke karakteristike

Sastav konstrukcija	Armiranobetonski zidovi i zidovi od blok opeke s 15 cm toplinske izolacije; pod na tlu s 10 cm toplinske izolacije; ravan krov s 20 cm toplinske izolacije; prozori ostakljeni s dvostrukim IZO staklom (zaštita od sunca roletama)
Ventilacija	Svi prostori prirodno provjetravani

Rezultati	Dopušteno		
Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	35,24	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,21 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	17,60	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)

VIŠESTAMBENE ZGRADE: KONTINENTALNA HRVATSKA

1. PLINSKI KONDENZACIJSKI KOTAO U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA



<b>Termotehnički sustav</b>	Plinski kondenzacijski kotao u kombinaciji s fotonaponskim panelima
Energenti	Prirodni plin i električna energija
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 30 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 200 m <sup>2</sup>

<b>Isporučena energija po sustavima</b>		
Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$		102 630 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$		Ne računa se za stambene zgrade
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$		Ne računa se za stambene zgrade
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$		32 077 kWh/a

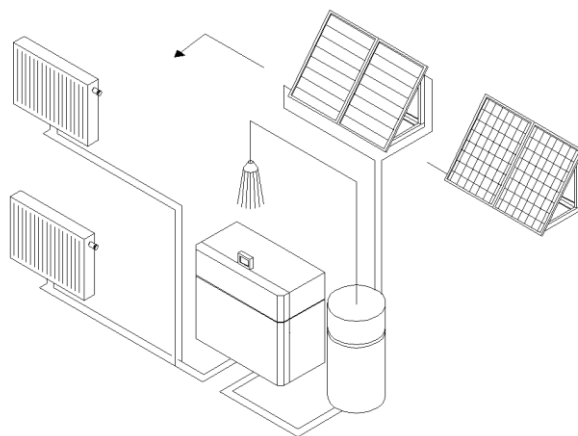
<b>Energetsko svojstvo zgrade</b>		
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	70 572 kWh/a	
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	60 929 kWh/a	

<b>Zahtjev za nZEB</b>	<b>Izračunato</b>	<b>Dopušteno</b>
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	30,24 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 80,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	31,19 %	min 30 %

Komentar:

Za višestambene zgrade u kontinentalnoj Hrvatskoj uz korištenje prirodnog plina kao energenta potrebno je osigurati minimalan udio obnovljivih izvora energije, što je možda najjednostavnije ugradnjom fotonaponskog sustava.

## 2. PLINSKI KONDENZACIJSKI KOTAO U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA I SOLARNIM SUSTAVIMA



Termotehnički sustav	Plinski kondenzacijski kotao u kombinaciji s fotonaponskim panelima
Energenti	Prirodni plin i električna energija
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao + solarni sustav za grijanje i pripremu + fotonaponski sustav
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 10 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 60 m <sup>2</sup> solarni sustav za PTV površine 30 m <sup>2</sup>

### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	84 707 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	13 983 kWh/a

### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	71 426 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	71 319 kWh/a

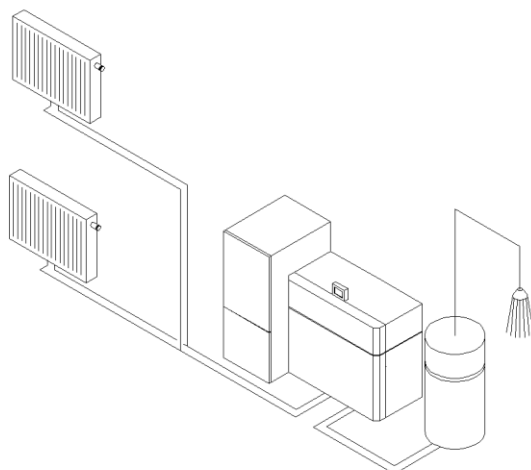
Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	35,39 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 80,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	30,48 %	min 30 %

Komentar:

Za višestambene zgrade u kontinentalnoj Hrvatskoj uz korištenje prirodnog plina kao energenta potrebno je osigurati minimalan udio obnovljivih izvora energije. U ovom slučaju osigurali smo udio OIE fotonaponskim sustavom, ali u kombinaciji sa solarnim sustavom za grijanje i PTV.



### 3. KOTAO NA BIOMASU



#### Termotehnički sustav KOTAO NA BIOMASU

Energenti	Drveni peleti i električna energija
Proizvodnja topline	Kotao na biomasu za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Drvena biomasa

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	117 644 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	118 839 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	16 398 kWh/a

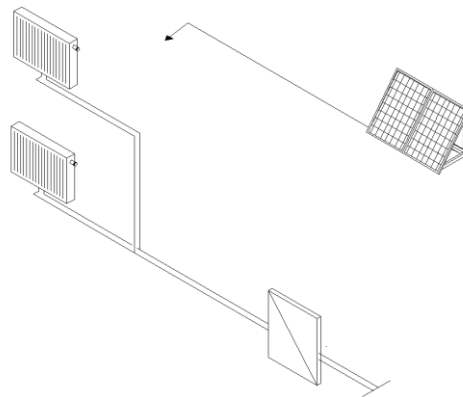
#### Zahtjev za nZEB

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	8,14 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 80,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	99,00 %	min 30 %

Komentar:

Korištenjem drvene biomase godišnja potrošnja primarne energije i udio OIE zadovoljavaju zahtjeve za gotovo nula energetske zgrade.

## 4. DALJINSKO GRIJANJE



### Termotehnički sustav SUSTAV DALJINSKOG GRIJANJA U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA

Energenti	Daljinsko grijanje i električna energija
Proizvodnja topline	Sustav daljinskog grijanja
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 30 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 200 m <sup>2</sup>

### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	101 516 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	32 077 kWh/a

### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	69 439 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	97 050 kWh/a

### Zahtjev za nZEB

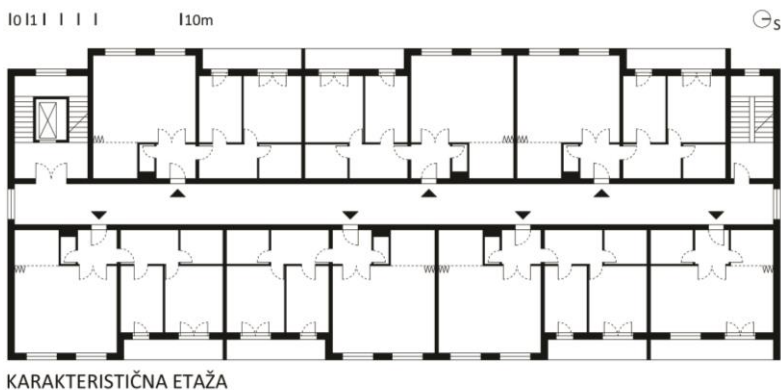
	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	48,16 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 80,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	31,60 %	min 30 %

Komentar:

Sustavi daljinskog grijanja ubrajaju se u alternativne sustave, ali da bi ih se smatralo obnovljivima, nužno je da za proizvodnju energije koriste u potpunosti obnovljiva goriva. Kako većina sustava daljinskog grijanja prisutnih u RH proizvodi energiju korištenjem fosilnih goriva ili eventualno kombinacijom fosilnih i obnovljivih goriva, potrebno je osigurati potreban udio obnovljivih izvora energije, što je postignuto ugradnjom fotonaponske elektrane.

### 3.6.2.2. VIŠESTAMBENE ZGRADE - PRIMORSKA HRVATSKA

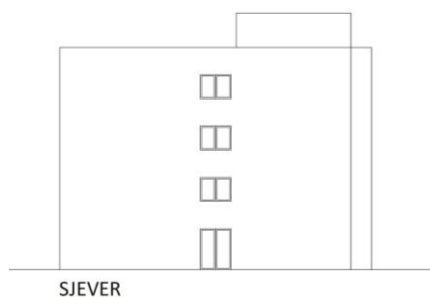
Prikaz zgrade



KARAKTERISTIČNA ETAŽA



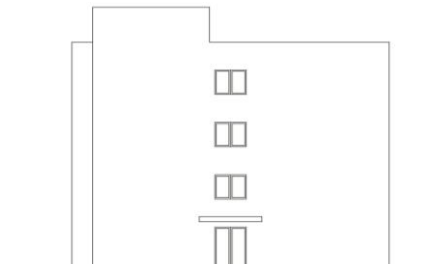
ISTOK



SJEVER



ZAPAD



JUG

#### Geometrijske karakteristike zgrade

Katnost	P + 3			
Grijana korisna površina, $A_k$	2015	$m^2$		
Volumen grijanog prostora, $V_e$	7226	$m^3$		
Faktor oblika, $f_o$	0,56	$m^{-1}$		
Orijentacija otvora	Jug	Sjever	Istok	Zapad
	0,00	0,00	165,60	138,24
	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$

Meteorološka postaja

Split - Marjan

#### Građevinske i tehničke karakteristike

Sastav konstrukcija

Armiranobetonski zidovi i zidovi od blok opeke s 8 cm toplinske izolacije; pod na tlu sa 7 cm toplinske izolacije; ravan krov s 15 cm toplinske izolacije; prozori ostakljeni s dvostrukim IZO staklom (zaštita od sunca roletama)

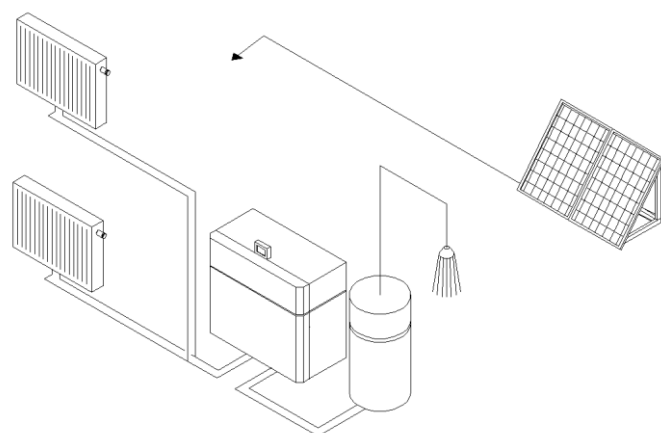
Ventilacija

Svi prostori prirodno provjetravani

#### Rezultati

Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	13,37	$kWh/(m^2 \cdot a)$	<b>Dopušteno</b>	max 33,86	$kWh/(m^2 \cdot a)$
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	28,49	$kWh/(m^2 \cdot a)$		max 50,00	$kWh/(m^2 \cdot a)$

**1. PLINSKI KONDENZACIJSKI KOTAO U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA**



<b>Termotehnički sustav</b>	Plinski kondenzacijski kotao u kombinaciji s fotonaponskim panelima
Energenti	Prirodni plin i električna energija
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 15 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 100 m <sup>2</sup>

<b>Isporučena energija po sustavima</b>	
Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	55 701 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	17 348 kWh/a

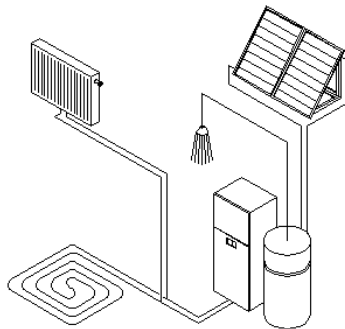
<b>Energetsko svojstvo zgrade</b>	
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	38 520 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	33 262 kWh/a

<b>Zahtjev za nZEB</b>	<b>Izračunato</b>	<b>Dopušteno</b>
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	16,51 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	31,05 %	min 30 %

Komentar:

Gotovo nula energetski standard moguće je postići i sustavima koji primarno koriste fosilna goriva, ali obvezno u kombinaciji s obnovljivim energentima. Fotonaponski sustav u ovom primjeru spušta razinu potrošnje primarne energije i povećava udio obnovljivih izvora energije u isporučenoj energiji.

## 2. PLINSKI KONDENZACIJSKI BOJLER U KOMBINACIJI SA SOLARNIM SUSTAVOM



**Termotehnički sustav** Plinski kondenzacijski boiler u kombinaciji sa solarnim sustavom

Energenti Prirodni plin i električna energija

Proizvodnja topline Kondenzacijski kotao + solarni sustav za grijanje i pripremu PTV

Predaja topline Radijatori + podno grijanje

Obnovljivi izvor Solarni sustav; površina solarnih kolektora ~ 30 m<sup>2</sup>

### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	31 513 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	31 922 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	35 166 kWh/a

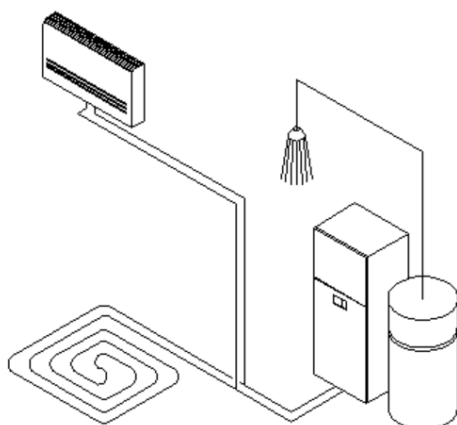
### Zahtjev za nZEB

	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	17,45 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	42,05 %	min 30 %

Komentar:

U primorskoj klimatskoj zoni moguće je ispuniti zahtjeve za nZEB zgrade korištenjem plinskog kondenzacijskog bojlera u kombinaciji sa solarnim sustavom za grijanje i PTV, dok to u kontinentalnoj klimatskoj zoni nije bilo moguće. Razlog se može naći u većoj osunčanosti, a time i većoj količini energije koja se može proizvesti sustavom solarnih kolektora, te nižom potrebnom energijom za grijanje u primorskoj Hrvatskoj u odnosu na kontinentalnu Hrvatsku.

### 3. DIZALICA TOPLINE ZRAK-VODA



<b>Termotehnički sustav</b>	Dizalica topline zrak-voda
Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	Dizalica topline za grijanje i PTV
Predaja topline	Ventilokonvektori i podno grijanje
Obnovljivi izvor	Dizalica topline – energija okoliša

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	16 360 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

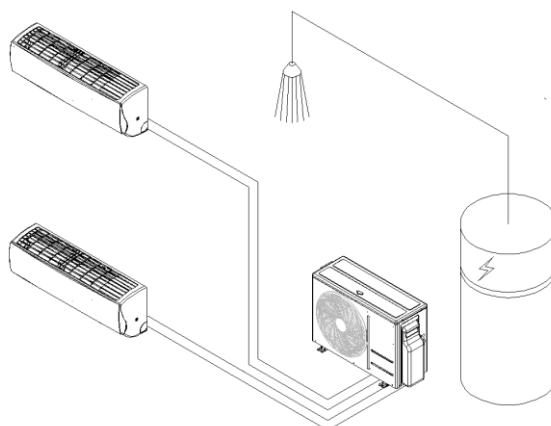
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	16 360 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	26 405 kWh/a

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	13,10 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	69,20 %	min 30 %

Komentar:

Rješenje s dizalicom topline zrak-voda očekivano zadovoljava nZEB standard. Za višestambenu zgradu smještenu u primorskoj klimatskoj zoni uz korištenje visokotemperaturnih dizalica topline nije potreban dodatni električni grijač.

#### 4. DIZALICA TOPLINE ZRAK-ZRAK I ELEKTRIČNI SUSTAV ZA PTV



**Termotehnički sustav** Dizalica topline zrak-zrak (split ili multi split sustav)

Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	Split sustavi + Sustav za PTV s električnim grijačem
Predaja topline	Unutarnje jedinice
Obnovljivi izvor	Dizalica topline – energija okoliša

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	53 827 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	59 958 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	96 773 kWh/a

#### Zahtjev za nZEB

	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	48,02 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	47,40 %	min 30 %

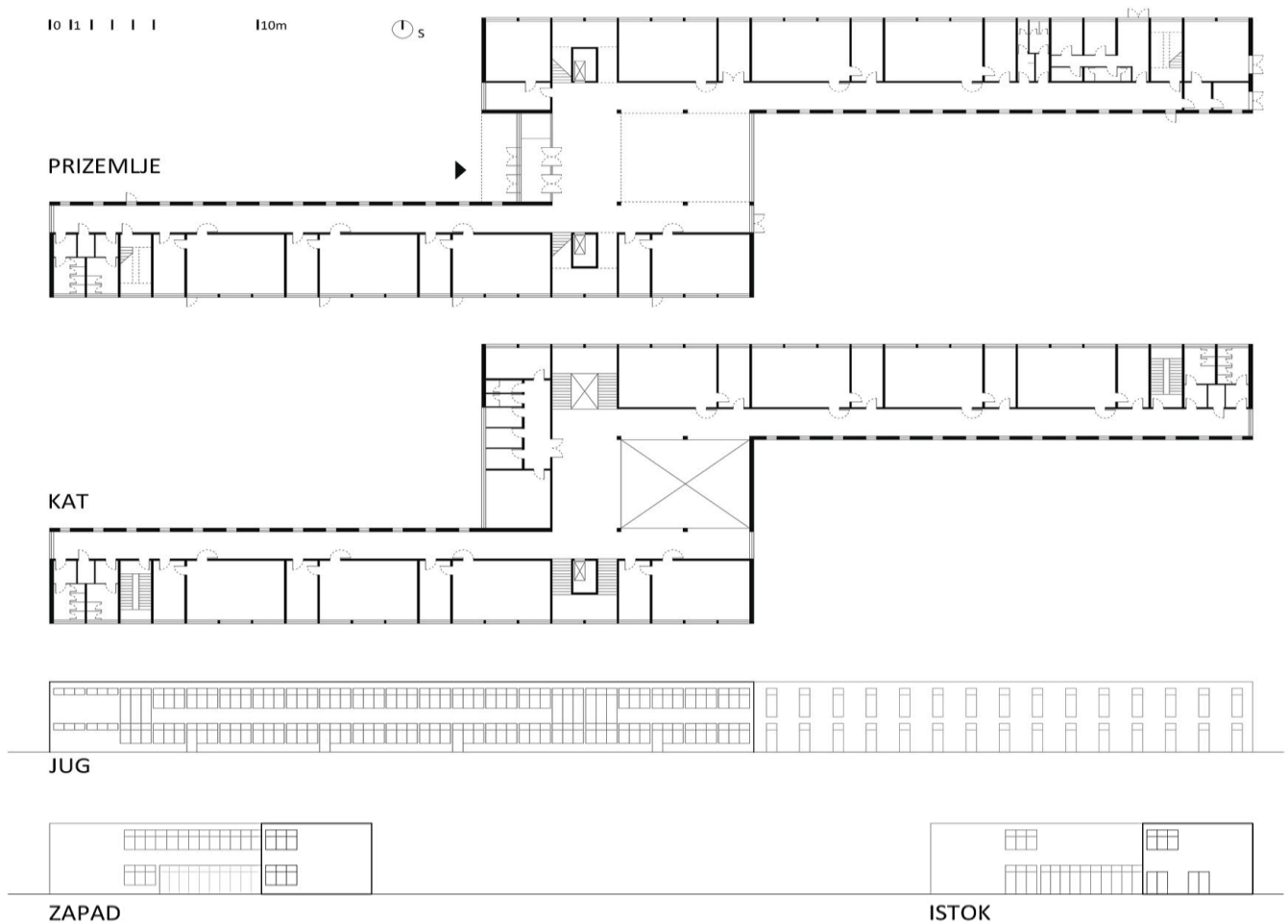
Komentar:

U četvrtoj varijanti primijenjena je dizalica topline zrak-zrak (multi split uređaji) za grijanje i električni sustav za pripremu PTV. Sustavi su etažni. Iz rezultata je vidljivo da je specifična godišnja primarna energija tek neznatno manja od maksimalno dopuštene, ali ipak zadovoljava. Primjenom solarnih kolektora znatno bi se poboljšalo energetske svojstvo zgrade, no tada je upitan koncept etažne pripreme PTV.

### 3.6.3. OBRAZOVNE ZGRADE

#### 3.6.3.1. OBRAZOVNE ZGRADE - KONTINENTALNA HRVATSKA

Prikaz zgrade



#### Geometrijske karakteristike zgrade

Katnost	P + 1			
Grijana korisna površina, $A_k$	2918	m <sup>2</sup>		
Volumen grijanog prostora, $V_e$	13471	m <sup>3</sup>		
Faktor oblika, $f_o$	0,42	m <sup>-1</sup>		
Orijentacija otvora	Jug	Sjever	Istok	Zapad
	368,30 m <sup>2</sup>	372,60 m <sup>2</sup>	80,20 m <sup>2</sup>	54,16 m <sup>2</sup>

Meteorološka postaja Zagreb - Maksimir

#### Građevinske i tehničke karakteristike

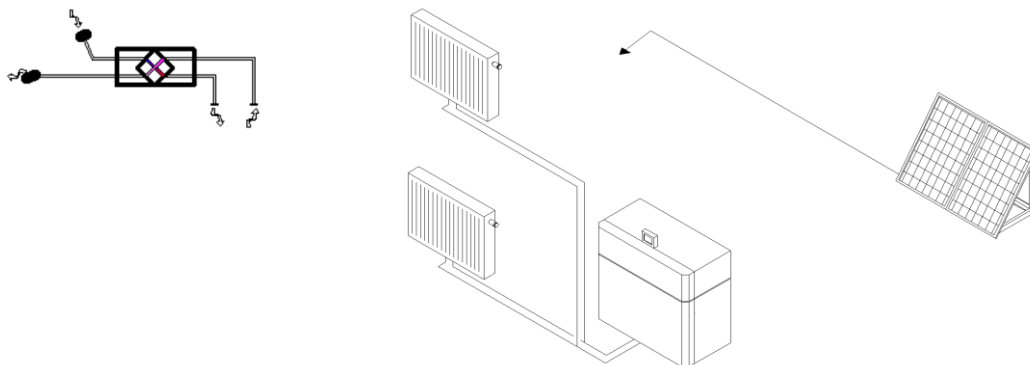
Sastav konstrukcija	Armiranobetonski zidovi s 20 cm toplinske izolacije; pod na tlu s 12 cm toplinske izolacije; ravan krov s 25 cm toplinske izolacije; prozori ostakljeni s trostrukim IZO staklom (zaštita od sunca roletama)
Ventilacija	Mehaničko provjetravanje učionica s rekuperacijom; mehaničko provjetravanje sanitarija; prirodno provjetravanje ostalih prostora

Rezultati	Dopušteno		
Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	18,20 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 20,90 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	15,89 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	



**OBRAZOVNE ZGRADE: KONTINENTALNA HRVATSKA**

**1. PLINSKI KONDENZACIJSKI KOTAO U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA**



<b>Termotehnički sustav</b>	Plinski kondenzacijski kotao u kombinaciji s fotonaponskim panelima
Energenti	Prirodni plin i električna energija
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 35 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 240 m <sup>2</sup>

<b>Isporučena energija po sustavima</b>	
Godišnja isporučena energija za grijanje, $E_{H,DEL}$	55 547 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	46 688 kWh/a
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	34 750 kWh/a

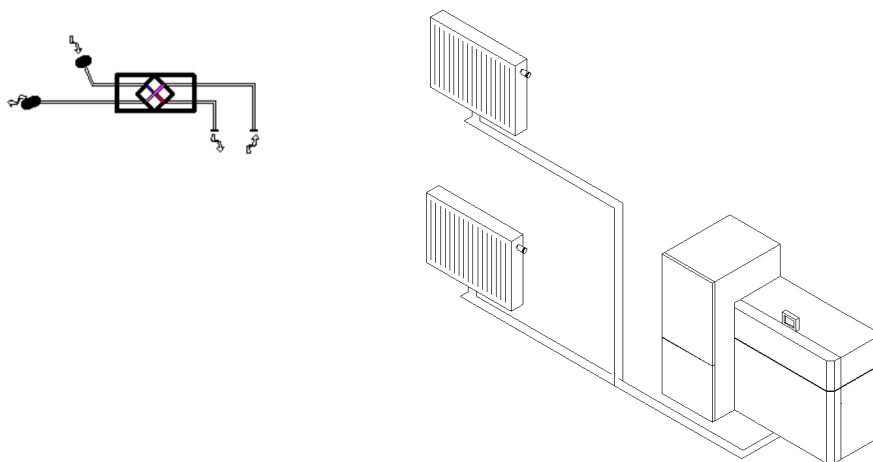
<b>Energetsko svojstvo zgrade</b>	
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	69 735 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	83 723 kWh/a

<b>Zahtjev za nZEB</b>	<b>Izračunato</b>	<b>Dopušteno</b>
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	28,70 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	33,30 %	min 30 %

Komentar:

Kao što smo vidjeli i kod stambenih zgrada, gotovo nula energetski standard moguće je postići i sustavima koji primarno koriste fosilna goriva, ali obvezno u kombinaciji s obnovljivim energentima. Fotonaponski sustav u ovom primjeru spušta razinu potrošnje primarne energije i povećava udio obnovljivih izvora energije u isporučenoj energiji.

## 2. KOTAO NA BIOMASU



### Termotehnički sustav KOTAO NA BIOMASU

Energenti	Drveni peleti i električna energija
Proizvodnja topline	Kotao na biomasu za grijanje
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Drvena biomasa

### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje, $E_{H,DEL}$	63 686 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	46 688 kWh/a
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	112 624 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	86 819 kWh/a

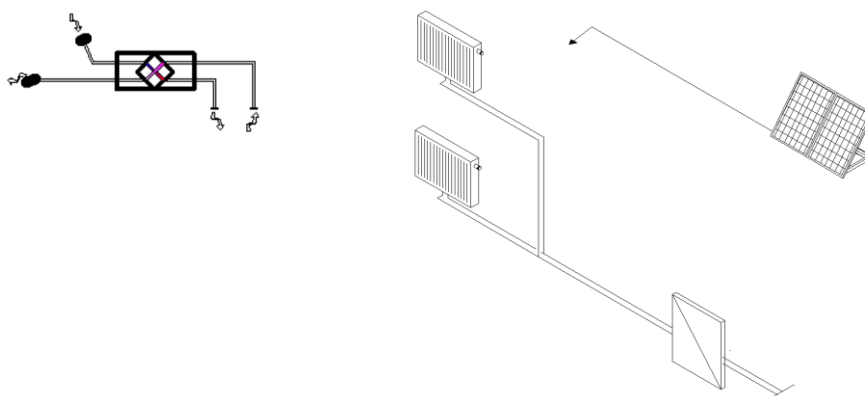
### Zahtjev za nZEB

	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	29,76 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	56,50 %	min 30 %

Komentar:

Korištenjem drvene biomase godišnja potrošnja primarne energije i udio OIE zadovoljavaju zahtjeve za gotovo nula energetske zgrade.

### 3. DALJINSKO GRIJANJE



#### Termotehnički sustav SUSTAV DALJINSKOG GRIJANJA U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA

Energenti	Daljinsko grijanje i električna energija
Proizvodnja topline	Sustav daljinskog grijanja
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 35 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 240 m <sup>2</sup>

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje, $E_{H,DEL}$	58 861 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	46 688 kWh/a
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	34 750 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

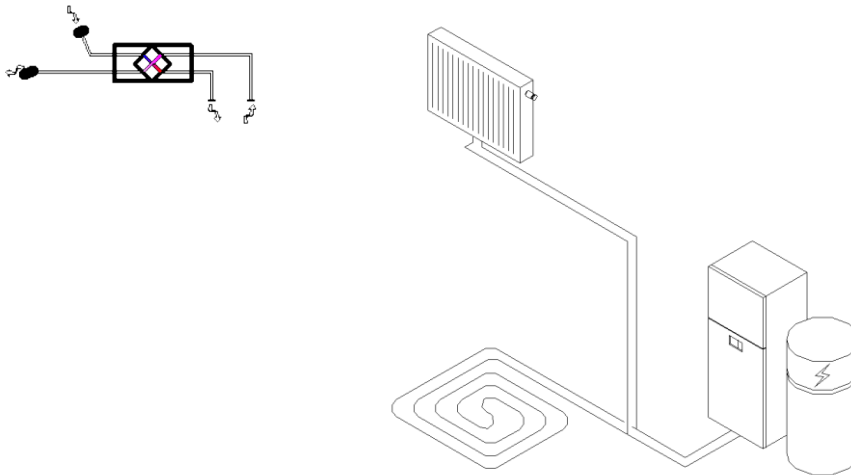
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	73 049 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	110 838 kWh/a

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	37,99 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	32,20 %	min 30 %

Komentar:

Sustavi daljinskog grijanja ubrajaju se u alternativne sustave, ali da bi ih se smatralo obnovljivima, nužno je da za proizvodnju energije koriste u potpunosti obnovljiva goriva. Kako većina sustava daljinskog grijanja prisutnih u RH proizvodi energiju korištenjem fosilnih goriva ili eventualno kombinacijom fosilnih i obnovljivih goriva, potrebno je osigurati potreban udio obnovljivih izvora energije, što je postignuto ugradnjom fotonaponske elektrane.

#### 4. DIZALICA TOPLINE ZRAK-VODA



##### Termotehnički sustav DIZALICA TOPLINE ZRAK-VODA

Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	Dizalica topline za grijanje + dodatni električni grijač
Predaja topline	Radijatori + podno grijanje
Obnovljivi izvor	Dizalica topline – energija okoliša

##### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje, $E_{H,DEL}$	19 976 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	46 688 kWh/a
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

##### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	70 414 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	113 649 kWh/a

##### Zahtjev za nZEB

	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	38,95 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	35,20 %	min 30 %

Komentar:

Rješenje s dizalicom topline zrak-voda očekivano zadovoljava nZEB standard. Dodatno je ugrađen električni grijač za rad pri niskim vanjskim temperaturama kada dizalica topline radi sa smanjenim kapacitetom ili uopće ne radi.

### 3.6.3.2. OBRAZOVNE ZGRADE - PRIMORSKA HRVATSKA

Prikaz zgrade



#### Geometrijske karakteristike zgrade

Katnost	P + 1			
Grijana korisna površina, $A_k$	2918	m <sup>2</sup>		
Volumen grijanog prostora, $V_e$	13471	m <sup>3</sup>		
Faktor oblika, $f_o$	0,42	m <sup>-1</sup>		
Orijentacija otvora	Jug	Sjever	Istok	Zapad
	368,30 m <sup>2</sup>	372,60 m <sup>2</sup>	80,20 m <sup>2</sup>	54,16 m <sup>2</sup>

Meteorološka postaja

Split - Marjan

#### Građevinske i tehničke karakteristike

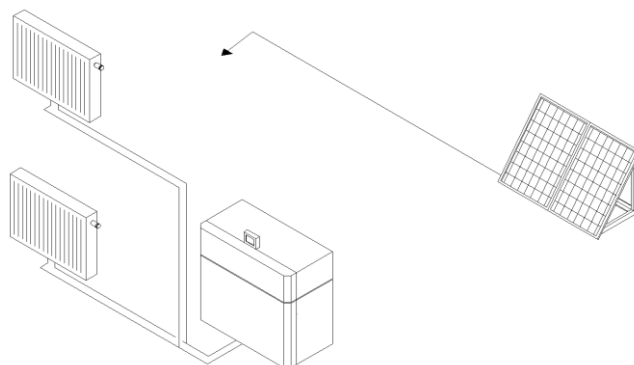
Sastav konstrukcija	Armiranobetonski zidovi s 10 cm toplinske izolacije; pod na tlu sa 7 cm toplinske izolacije; ravan krov s 15 cm toplinske izolacije; AL prozori ostakljeni s dvostrukim IZO staklom (zaštita od sunca roletama)
Ventilacija	Svi prostori prirodno provjetravani

#### Rezultati

		Dopušteno
Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	18,05 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,21 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	29,16 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)

**OBRAZOVNE ZGRADE: PRIMORSKA HRVATSKA**

**1. PLINSKI KONDENZACIJSKI KOTAO U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA**



<b>Termotehnički sustav</b>	Plinski kondenzacijski kotao u kombinaciji s fotonaponskim panelima
Energenti	Prirodni plin i električna energija
Proizvodnja topline	Kondenzacijski kotao za grijanje
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Fotonaponski sustav električne snage 26 kW <sub>p</sub> ; površina panela ~ 150 m <sup>2</sup>

<b>Isporučena energija po sustavima</b>	
Godišnja isporučena energija za grijanje, $E_{H,DEL}$	50 363 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{G,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	46 688 kWh/a
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	31 500 kWh/a

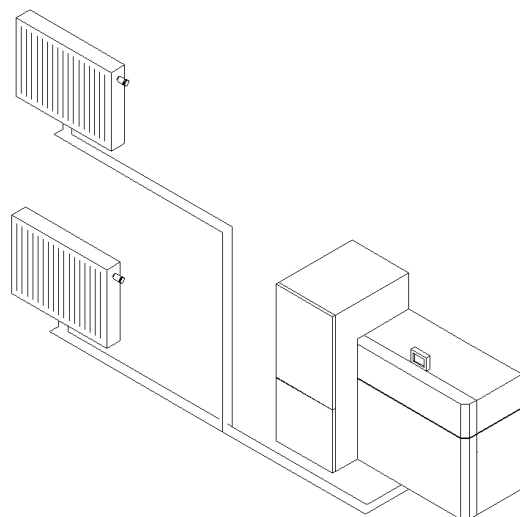
<b>Energetsko svojstvo zgrade</b>	
Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	67 801 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	83 292 kWh/a

<b>Zahtjev za nZEB</b>	<b>Izračunato</b>	<b>Dopušteno</b>
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	28,55 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	31,70 %	min 30 %

Komentar:

Gotovo nula energetski standard moguće je postići i sustavima koji primarno koriste fosilna goriva, ali obavezno u kombinaciji s obnovljivim energentima. Fotonaponski sustav u ovom primjeru spušta razinu potrošnje primarne energije i povećava udio obnovljivih izvora energije u isporučenoj energiji

## 2. KOTAO NA BIOMASU



### Termotehnički sustav KOTAO NA BIOMASU

Energenti	Drveni peleti i električna energija
Proizvodnja topline	Kotao na biomasu za grijanje
Predaja topline	Radijatori
Obnovljivi izvor	Drvena biomasa

### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje, $E_{H,DEL}$	57 794 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	46 688 kWh/a
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	106 732 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	86 095 kWh/a

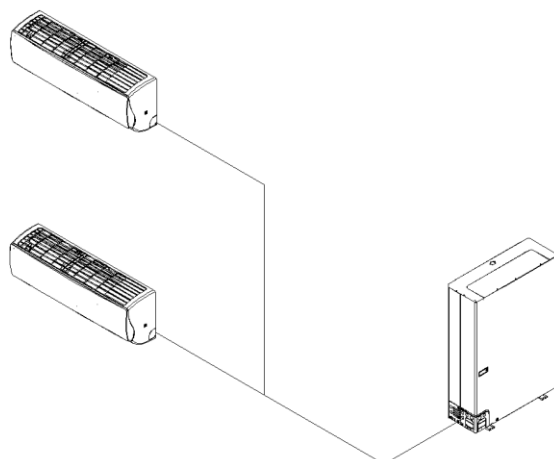
### Zahtjev za nZEB

	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	29,51 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	96,30 %	min 30 %

Komentar:

Korištenjem drvene biomase godišnja potrošnja primarne energije i udio OIE zadovoljavaju zahtjeve za gotovo nula energetske zgrade.

### 3. DIZALICA TOPLINE ZRAK-ZRAK



#### Termotehnički sustav DIZALICA TOPLINE ZRAK-ZRAK

Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	PVRT (VRF) sustavi za grijanje + el. grijanje sanitarija
Predaja topline	Unutarnje jedinice + podno grijanje
Obnovljivi izvor	Dizalica topline – energija okoliša

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje, $E_{H,DEL}$	28 796 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	46 688 kWh/a
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	65 781 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	106 170 kWh/a

#### Zahtjev za nZEB

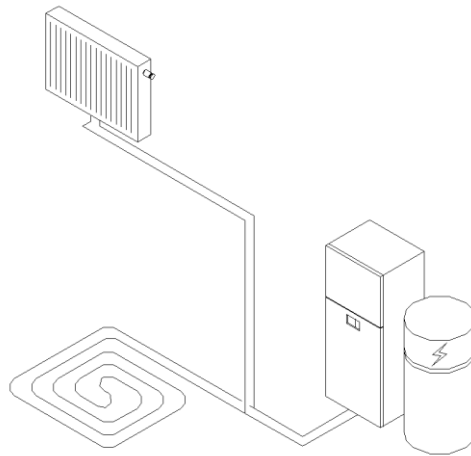
	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	36,39 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	33,00 %	min 30 %

Komentar:

Primjenom sustava s promjenjivim volumenom radne tvari (PVRT ili VRF) koji se sastoji od jedne vanjske i više unutarnjih jedinica, te sustavom grijanja sanitarnih prostorija pomoću električnih grijača ispunjava se uvjet za zgrade gotovo nulte energije. Električno grijanje primijenjeno je zbog neekonomičnosti ugradnje PVRT sustava grijanja (i hlađenja) u sanitarne čvorove.



#### 4. DIZALICA TOPLINE ZRAK-VODA



##### Termotehnički sustav DIZALICA TOPLINE ZRAK-VODA

Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	Dizalica topline za grijanje + dodatni električni grijač
Predaja topline	Radijatori + podno grijanje
Obnovljivi izvor	Dizalica topline – energija okoliša

##### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje, $E_{H,DEL}$	19 443 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	46 688 kWh/a
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	0 kWh/a

##### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	69 881 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	112 787 kWh/a

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	38,66 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	31,80 %	min 30 %

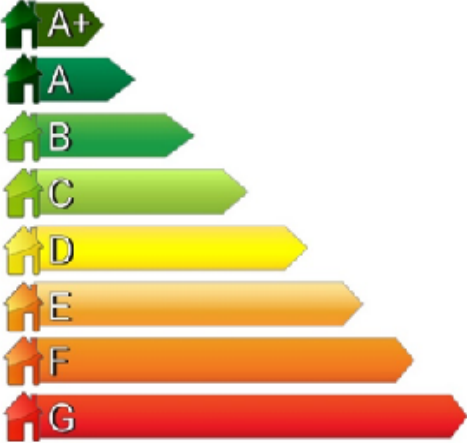
Komentar:

Rješenje s dizalicom topline zrak-voda očekivano zadovoljava nZEB standard. Za obrazovnu zgradu smještenu u primorskoj klimatskoj zoni potreban je dodatni elektro grijač (ili neko slično rješenje) i uz korištenje visokotemperaturnih dizalica topline (za razliku od zgrade stambene namjene). Razlog se može naći u povećanoj potrebnoj toplinskoj energiji zbog većih zahtjeva za prozračivanjem.

### 3.7. PRIMJERI ENERGETSKIH CERTIFIKATA

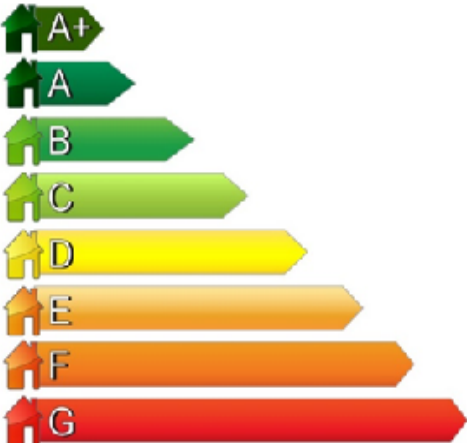
#### OBITELJSKA KUĆA – KONTINENTALNA HRVATSKA

Kotao na biomasu

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]
	41,97	11,29
	<b>B</b>	<b>A+</b>
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]		79,74
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> ·a)]		2,94
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		<b>nZEB</b>

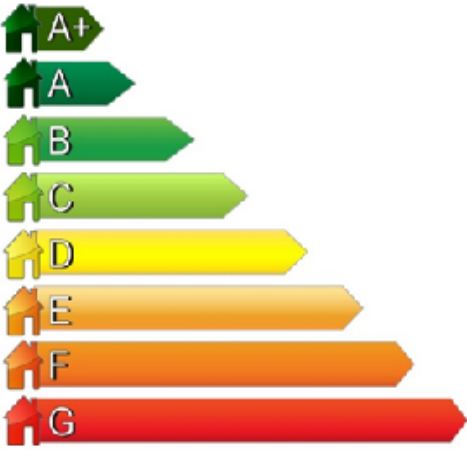
#### OBITELJSKA KUĆA – PRIMORSKA HRVATSKA

Dizalica topline zrak-zrak i solarni sustav za PTV

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]
	18,00	28,09
	<b>A</b>	<b>A+</b>
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]		17,41
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> ·a)]		4,09
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		<b>nZEB</b>

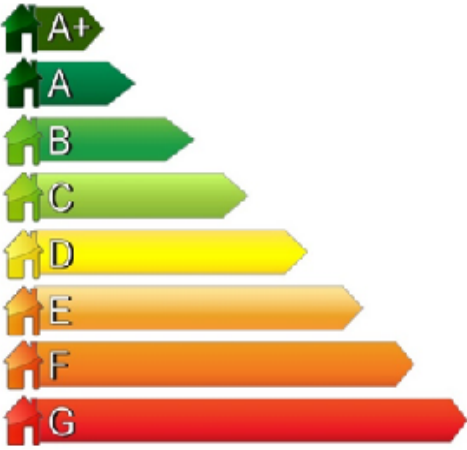
## VIŠESTAMBENA ZGRADA – KONTINENTALNA HRVATSKA

### Sustav daljinskog grijanja u kombinaciji s fotonaponskim panelima

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]
	35,24	48,16
	<b>B</b>	<b>A+</b>
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]		79,74
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> ·a)]		18,26
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		<b>nZEB</b>

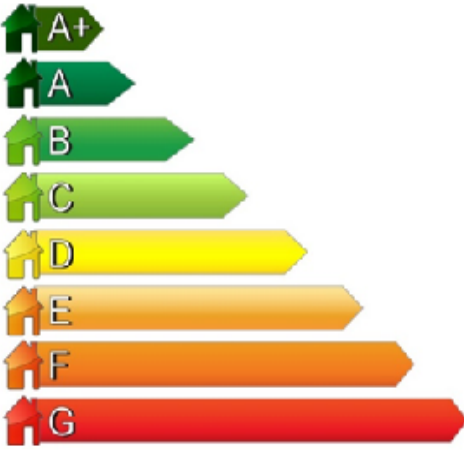
## VIŠESTAMBENA ZGRADA – PRIMORSKA HRVATSKA

### Dizalica topline zrak-voda

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]
	13,37	13,10
	<b>A+</b>	<b>A+</b>
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]		8,12
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> ·a)]		1,91
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		<b>nZEB</b>

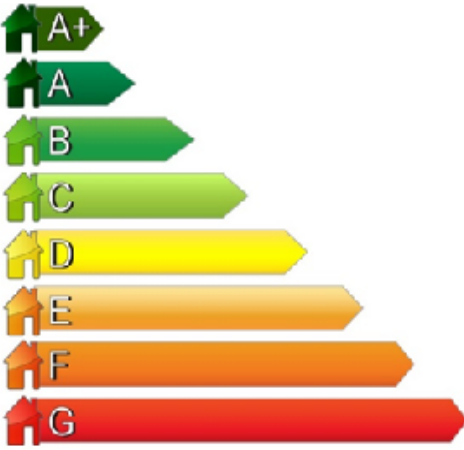
## OBRAZOVNA ZGRADA – KONTINENTALNA HRVATSKA

### Plinski kondenzacijski kotao u kombinaciji s fotonaponskim panelima

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]
	18,20	30,24
	<b>A</b>	<b>A+</b>
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]		23,90
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> ·a)]		5,33
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		<b>nZEB</b>

## OBRAZOVNA ZGRADA – PRIMORSKA HRVATSKA

### Dizalica topline zrak-voda

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	Specifična godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]
	18,05	38,66
	<b>A</b>	<b>A+</b>
Specifična godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]		23,95
Specifična godišnja emisija CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> ·a)]		5,62
Upisati „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade ( $E_{prim}$ ) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		<b>nZEB</b>

## 4. PROJEKTIRANJE I PROJEKTNI PARAMETRI ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE

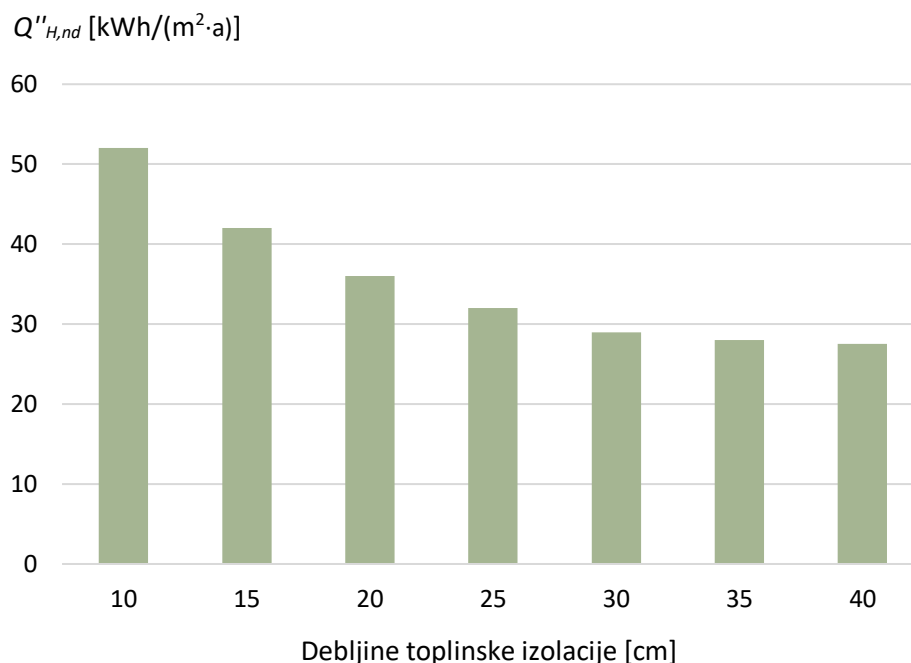
### 4.1. PROJEKTIRANJE ZGRADA GOTOVO NULTE ENERGIJE

#### 4.1.1. ARHITEKTONSKO OBLIKOVANJE I TOPLINSKA ZAŠTITA

Prednost zgrada gotovo nulte energije je da omogućuju veliku slobodu u oblikovanju. Arhitektonsko-građevinske karakteristike koje pridonose nižoj potrebnoj energiji za grijanje i hlađenje su preporučljive, ali nisu obavezne. U različitim klimatskim uvjetima čimbenici oblikovanja imat će različite utjecaje na ukupnu potrošnju energije.

**Kvaliteta ovojnice zgrade** odnosi se na debljine toplinske izolacije kao i na vrstu ostakljenja i okvira prozora.

Koeficijent prolaska topline građevnog dijela  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] obrnuto je proporcionalan debljini toplinske izolacije. Ipak, veće debljine toplinske izolacije neće proporcionalno smanjiti potrebnu energiju za grijanje iz razloga što se dio topline gubi i provjetranjem. Debljina toplinske izolacije iznad 20 - 25 cm prestaje imati značajan utjecaj na uštedu energije, stoga se daljnja ušteda ostvaruje strojarskim mjerama, odnosno mehaničkom ventilacijom s rekuperacijom.



Slika 9. Utjecaj debljina izolacije na specifičnu potrebnu energiju za grijanje  $Q''_{H,nd}$

Vrsta ostakljenja imat će različite utjecaje ovisno o namjeni zgrade, orijentaciji otvora i površini otvora. Kod zgrada stambene namjene površina ostakljenja u pravilu nije velika, stoga ni odabir ostakljenja neće imati znatnu ulogu, dok kod zgrada nestambene namjene odabir ostakljenja može imati veći utjecaj.

**Faktor oblika  $f_o$**  (ili kompaktnost zgrade) jest omjer površine ovojnice i volumena grijanog prostora. Što je zgrada kompaktnija, faktor oblika će biti niža vrijednost. Velike zgrade imaju male faktore oblika jer površina ovojnice raste s drugom potencijom, a volumen s trećom potencijom.

Niža vrijednost faktora oblika znači da je manja površina ovojnice kroz koju se gubi toplina. Osim uštede energije to znači i uštede na izvedbi vanjske fasade.

**Orijentacija otvora** pridonosi iskorištavanju pasivnih solarnih dobitaka. Kod prosječnih obiteljskih kuća u kontinentalnoj klimatskoj zoni, solarno zračenje generira 25% toplinske energije, unutarnji dobitci od opreme i osoba

25%, a ostalih 50% termotehnički sustav. U primorskoj klimatskoj zoni omjer je nešto drukčiji, odnosno solarno zračenje generira 33% toplinske energije, unutarnji dobici od opreme i osoba također 33%, i termotehnički sustav 33%.

**Zaštita od sunca** neophodna je kako bi se u prostoru spriječilo pregrijavanje ili potrebna energija za hlađenje održala unutar dopuštenih granica. Zaštita od pregrijavanja može se izvesti napravama za zaštitu od sunčevog zračenja ili ugradnjom ostakljenja s niskim faktorom propuštanja sunčevog zračenja.

Tablica 14. Faktor umanjenja prolaska sunčevog zračenja napravom za zaštitu od sunčevog zračenja,  $F_c$  [-] (prema Tehničkom propisu)

Naprava za zaštitu od sunčeva zračenja		$F_c$ [-]
1.	Bez naprave za zaštitu od sunčeva zračenja	1
2.	Naprava s unutrašnje strane ili između stakala	
2.1	– bijele ili reflektirajuće površine i malene transparentnosti <sup>a)</sup>	0,75
2.2	– svijetle boje ili malene transparentnosti	0,80
2.3	– tamne boje ili povišene transparentnosti	0,90
3.	Naprava s vanjske strane	
3.1	– žaluzine, lamele koje se mogu okretati, otraga provjetravano	0,25
3.2	– žaluzine, rolete, kapci (škure, grilje)	0,30
4.	Strehe, lođe <sup>b)</sup>	0,50
5.	Markize, gore i bočno provjetravane <sup>b)</sup>	0,40

Tablica 15. Računske vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje,  $g_{\perp}$ , za slučaj okomitog upada sunčeva zračenja (prema Tehničkom propisu)

Tip ostakljenja	$g_{\perp}$ [-]
1. Jednostruko staklo (bezbojno, ravno float staklo)	0,87
2. Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem zraka)	0,80
3. Trostruko izolirajuće staklo (s dva međusloja zraka)	0,70
4. Dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije (Low-E obloga)	0,60
5. Trostruko izolirajuće staklo s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge)	0,50
6. Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od sunčeva zračenja	0,50-0,25
7. Staklena opeka	0,60
8. Dvostruke staklene talpe	0,60

Energetski najučinkovitija zaštita od sunca jest vanjska pomična zaštita u kombinaciji s unutarnjom zaštitom tamne boje. Tijekom ljeta koristi se vanjska zaštita od pregrijavanja, a tijekom zime unutarnja zaštita od bliještanja (na taj način tijekom zime mogu se iskorištavati solarni dobici).

Fiksna zaštita od sunca poput nadstrešnica, nepomičnih brisoleja ili perforiranih opni ispred ostakljenja nepovoljno će utjecati na solarne dobite tijekom zime.

Energetski najnepovoljnija zaštita od sunca jest unutarnja zaštita uz primjenu stakala s niskim faktorom propuštanja sunčevog zračenja. Zbog niskog propuštanja sunčevog zračenja se tijekom zime ostvaruju manji solarni dobiti što rezultira znatno većom potrebnom energijom za grijanje, a tijekom ljeta takav način zaštite nije učinkovit poput vanjskih naprava što rezultira i znatno većom potrebnom energijom za hlađenje. Kod zgrada s velikim površinama ostakljenja, primjenom unutarnje zaštite od sunca potrebna energija za grijanje i hlađenje može biti do 40% veća nego u slučaju primjene vanjske pomične zaštite od sunca.

Za optimalno iskorištavanje solarnih dobitaka i zaštitu od pregrijavanja preporučljivo je:

- korištenje stakala s visokom razinom propuštanja sunčevog zračenja,
- vanjska pomična zaštita od sunca (u kombinaciji s unutarnjim zavjesama),
- izbjegavanje velikih istaka ili fiksnih elemenata koji zasjenjuju otvore tijekom zime.

## TOPLINSKA ZAŠTITA

Tehničkim propisom definirani su maksimalni dopušteni koeficijenti prolaska topline kroz građevne dijelove ovisno o referentnoj klimi.

Tablica 16. Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline,  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], građevnih dijelova novih zgrada, i nakon rekonstrukcije postojećih zgrada (prema Tehničkom propisu)

Građevni dio	$U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]			
	$\theta_{int,set,H} \geq 18^\circ C$		$12^\circ C < \theta_{int,set,H} < 18^\circ C$	
	$\theta_{e,mj,min} \leq 3^\circ C$	$\theta_{e,mj,min} > 3^\circ C$	$\theta_{e,mj,min} \leq 3^\circ C$	$\theta_{e,mj,min} > 3^\circ C$
1. Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, zidovi prema provjetrovanom tavanu	0,30	0,45	0,50	0,60
2. Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, ostali prozirni elementi ovojnice zgrade	1,60	1,80	2,50	2,80
3. Ostakljeni dio prozora, balkonskih vrata, krovni prozora, prozirnih elemenata ovojnice zgrade ( $U_g$ )	1,10	1,40	1,40	1,40
4. Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetrovanom tavanu	0,25	0,30	0,40	0,50
5. Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	0,25	0,30	0,40	0,50
6. Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od $0^\circ C$	0,40	0,60	0,90	1,20
7. Zidovi prema tlu, podovi na tlu	0,40 <sup>1)</sup>	0,50 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,80 <sup>1)</sup>
8. Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s neprozirnim vratnim krilom i ostakljene pregrade prema negrijanom ili provjetrovanom prostoru	2,00	2,40	2,90	2,90
9. Stjenke kutija za rolete	0,60	0,80	0,80	0,80
10. Stropovi i zidovi između stanova ili između različitih grijanih posebnih dijelova zgrade (poslovnih prostora i sl.)	0,60	0,80	1,20	1,20
11. Kupole i svjetlosne trake	2,5	2,5	2,5	2,5
12. Vjetrobrani, promatrano u smjeru otvaranja vrata	3,0	3,0	3,0	3,0

Pridržavanjem dopuštenih koeficijenata prolaska topline ne znači da će zgrada automatski ispuniti zahtjeve u pogledu potrebne energije za grijanje ili hlađenje. U slučaju nepovoljne orijentacije, vrlo razvedene dispozicije ili

potrebe za većim brojem izmjena zraka, moguća je potreba za većim debljinama izolacije kako bi se zadovoljila potrebna energija za grijanje. Povećanje debljina toplinske izolacije optimalno je do debljina 20-25 cm, nakon čega je preporučljivo primijeniti strojarske mjere mehaničke ventilacije s povratom topline.

Optimalne debljine toplinskih izolacija za gotovo nula energetske zgrade iznose oko 16 cm na kontinentu i oko 8 cm u primorju.

Kod zgrada na lokacijama s niskim zimskim temperaturama, nepovoljnom orijentacijom ili faktorom oblika bit će teže ispuniti zahtjev za potrebnom energijom za grijanje. Ako bi se mjere za ispunjavanje tog zahtjeva ( $Q''_{H,nd}$ ) pokazale prekomplikirane i neisplative, tada se primjenom odgovarajućeg termotehničkog sustava može postići dovoljno niska razina potrošnje primarne energije ( $E_{prim}/A_k$ ) da bi se uvjet za dopuštenu potrebnu specifičnu energiju za grijanje ( $Q''_{H,nd}$ ) smatrao ispunjenim (npr. korištenje peleta koji imaju vrlo nizak faktor primarne energije ili ugradnja dizalica topline visoke učinkovitosti). Iako je moguće ispunjavanje zahtjeva i kod zgrada koje imaju previsoku potrebnu energiju za grijanje, to neće biti moguće ako je potrebna energija za grijanje puno veća od dopuštene.

## TOPLINSKI MOSTOVI

Prema Tehničkom propisu, toplinski most jest manje područje u ovojnici grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan zbog promjene proizvoda, debljine ili geometrije građevnog dijela. Zgrada mora biti projektirana i izgrađena na način da utjecaj toplinskih mostova na godišnju potrebnu toplinu za grijanje i hlađenje bude što manji te da ne dolazi do pojave građevinskih šteta u vidu unutarnje ili vanjske površinske kondenzacije u projektnim uvjetima korištenja prostora zgrade.

Utjecaj toplinskog mosta iskazuje se kao povećanje ili smanjenje toplinskog toka na promatranom detalju. Za linijske toplinske mostove označava se oznakom  $\psi$  (psi), a mjerna jedinica je  $W/(m \cdot K)$ . Za točkaste toplinske mostove označava se oznakom  $\chi$  (ksi), a mjerna jedinica je  $W/K$ .

Ako je potencijalni toplinski most projektiran u skladu s katalogom dobrih rješenja toplinskih mostova iz Priloga Tehničkog propisa, tada se može, umjesto proračuna toplinskog mosta, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem koeficijenta prolaska topline,  $U [W/(m^2 \cdot K)]$ , svakoga građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $\Delta U_{TM} = 0,05 W/(m^2 \cdot K)$ , osim kod otvora i drugih prozirnih konstrukcija.

Kod projektiranja novih zgrada, ako rješenje toplinskog mosta nije prikazano u katalogu dobrih rješenja toplinskih mostova iz Priloga Tehničkog propisa tada se umjesto proračuna, utjecaj toplinskih mostova može uzeti u obzir s povećanjem koeficijenta prolaska topline,  $U [W/(m^2 \cdot K)]$ , svakoga građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $\Delta U_{TM} = 0,10 W/(m^2 \cdot K)$ .

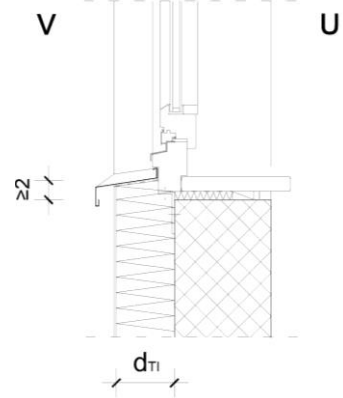
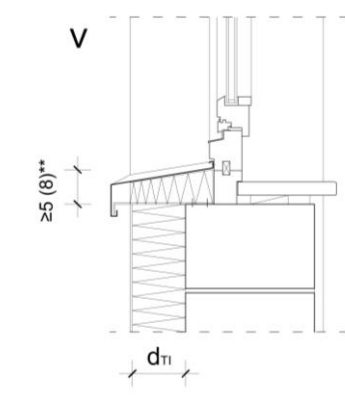
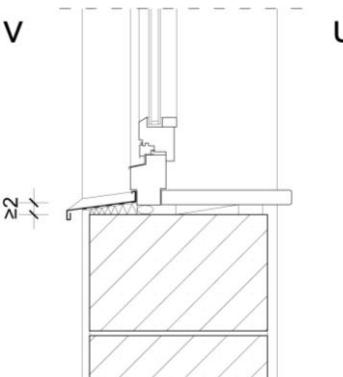
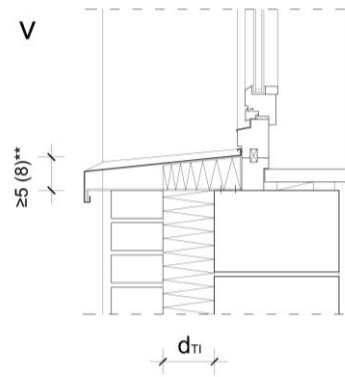
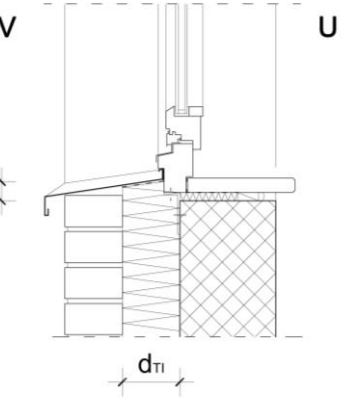
Prilog Tehničkog propisa sadrži grafičke prikaze koji prikazuju pravilna rješenja detalja s ciljem izbjegavanja ili smanjivanja utjecaja toplinskih mostova. Osim manjeg gubitka energije, pravilno riješeni toplinski mostovi rezultirat će višim temperaturama unutarnje površine građevnih dijelova i na taj način umanjiti mogućnost stvaranja uvjeta povoljnih za nastanak plijesni i gljivica kao i građevinske štete.



Tablica 17. Grafički prikaz nekih od detalja dobro riješenih toplinskih mostova na spoju temelja i zida (prema Tehničkom propisu)

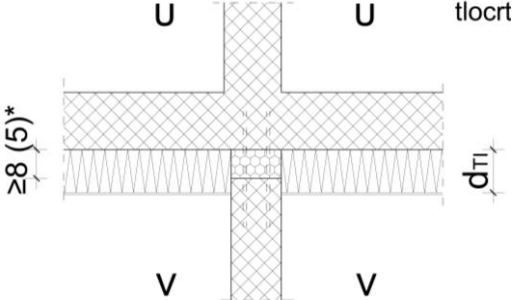
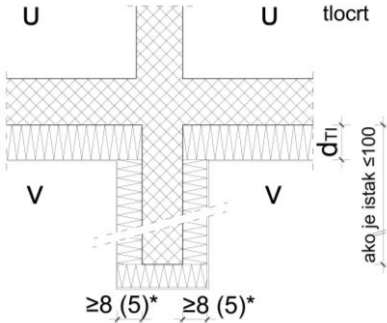
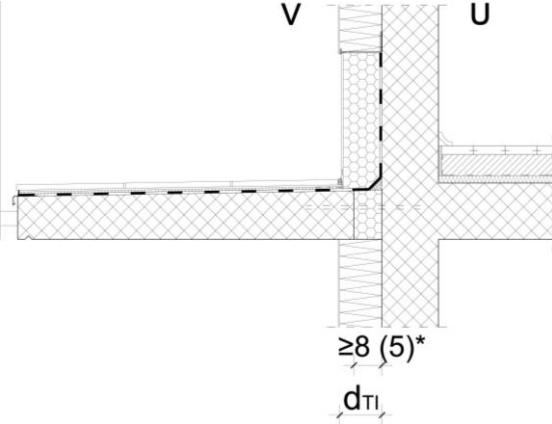
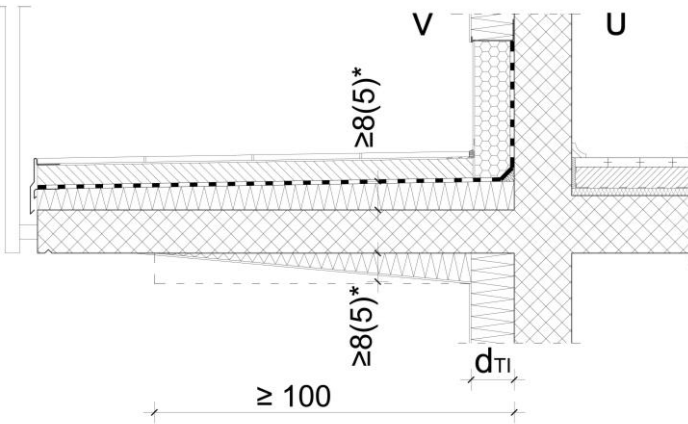
Naziv detalja	Grafički prikaz detalja s dobro riješenim toplinskim mostovima	Napomene
<p>Spoj temeljne trake i masivnog zida</p> <p>- toplinska izolacija poda s unutarnje (gornje) strane</p>		<p><math>d_{T1}</math> - debljina toplinske izolacije u skladu sa zadovoljenjem zahtjeva iz Priloga B Tehničkog propisa</p> <p><b>V</b> - vani ili negrijano <b>U</b> - unutra (zimi grijano)</p>
<p>Spoj temeljne trake i masivnog zida</p> <p>- toplinska izolacija poda s vanjske (donje) strane</p>		<p>* - dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije navedene bez zagrada odnose se na zahtjeve iz Priloga B Tehničkog propisa za odgovarajuću vrstu građevinskog dijela zgrade, za zgrade s: <math>\theta_i \geq 18^\circ\text{C}</math> i <math>\theta_{e,mj,min} \leq 3^\circ\text{C}</math>,</p> <p>- dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije navedene u zagradama odnose se na zahtjeve iz Priloga B Tehničkog propisa za odgovarajuću vrstu građevinskog dijela zgrade, za zgrade s: <math>\theta_i \geq 18^\circ\text{C}</math> i <math>\theta_{e,mj,min} &gt; 3^\circ\text{C}</math></p> <p>- dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije odnose se na minimalne debljine materijala za toplinske izolacije toplinske provodljivosti: <math>\lambda \leq 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})</math> ili ekvivalentne manje debljine materijala za toplinsku izolaciju s povoljnijim (nižim) <math>\lambda</math> vrijednostima</p>
<p>Spoj temeljne trake i masivnog zida od termoblokova</p> <p>- toplinska izolacija poda s unutarnje (gornje) strane</p>		<p>- sve označene dimenzije izražene su u centimetrima (cm)</p>

Tablica 18. Grafički prikaz nekih od detalja dobro riješenih toplinskih mostova na spoju prozora i zida (prema Tehničkom propisu)

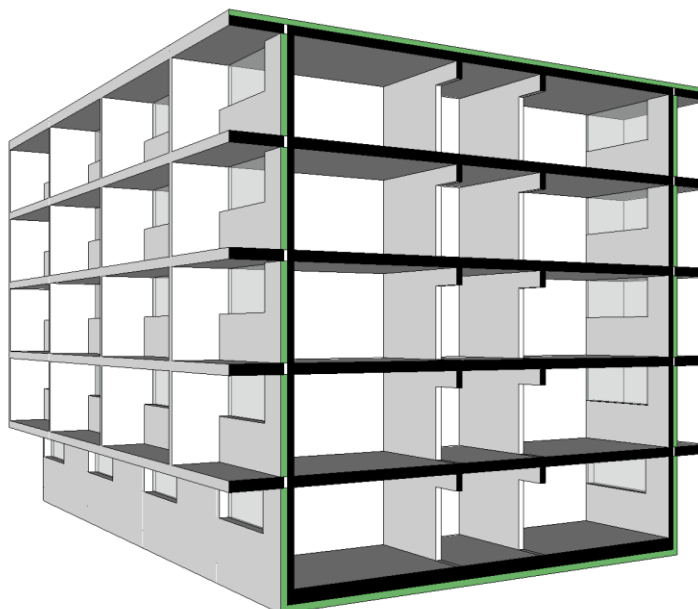
Naziv detalja	Grafički prikaz detalja s dobro riješenim toplinskim mostovima	Naziv detalja	Grafički prikaz detalja s dobro riješenim toplinskim mostovima
<p>Prozorska klupčica, pozicija prozora djelomično ispred vanjske ravnine masivnog dijela zida</p>		<p>Prozorska klupčica, pozicija prozora iza vanjske ravnine masivnog dijela zida</p>	
<p>Prozorska klupčica prozora u zidu od termo blokova</p>		<p>Prozorska klupčica u višeslojnom zidu s masivnim vanjskim obzidom, pozicija prozora iza vanjske ravnine masivnog dijela zida</p>	
<p>Prozorska klupčica u višeslojnom zidu s masivnom vanjskom oblogom, pozicija prozora djelomično ispred vanjske ravnine nosivog dijela zida</p>		<p><b>Napomene:</b></p> <p><math>d_{T1}</math> - debljina toplinske izolacije u skladu sa zadovoljenjem zahtjeva iz Priloga B Tehničkog propisa</p> <p><b>V</b> - vani ili negrijano <b>U</b> - unutra (zimi grijano)</p> <p>* - dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije navedene bez zagrada odnose se na zahtjeve iz Priloga B Tehničkog propisa za odgovarajuću vrstu građevinskog dijela zgrade, za zgrade s: <math>\theta_i \geq 18^\circ\text{C}</math> i <math>\theta_{e,mj,min} \leq 3^\circ\text{C}</math>  - dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije navedene u zagradama odnose se na zahtjeve iz Priloga B Tehničkog propisa za odgovarajuću vrstu građevinskog dijela zgrade, za zgrade s: <math>\theta_i \geq 18^\circ\text{C}</math> i <math>\theta_{e,mj,min} &gt; 3^\circ\text{C}</math>  - dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije odnose se na minimalne debljine materijala za toplinske izolacije toplinske provodljivosti: <math>\lambda \leq 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})</math> ili ekvivalentne manje debljine materijala za toplinsku izolaciju s povoljnijim (nižim) <math>\lambda</math> vrijednostima</p> <p>** - 8 cm je minimalna debljina toplinske izolacije kada je nosivi dio zida od armiranog betona</p> <p>- sve označene dimenzije izražene su u centimetrima (cm)</p>	

Utjecaj toplinskih mostova najčešće se pojednostavljeno uzima u obzir povećanjem koeficijenta prolaska topline svakoga građevnog dijela za  $\Delta U_{TM} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Pritom je potrebno znati da, iako su pravilno riješeni, toplinski mostovi kroz neke detalje puno su veći u odnosu na druge.

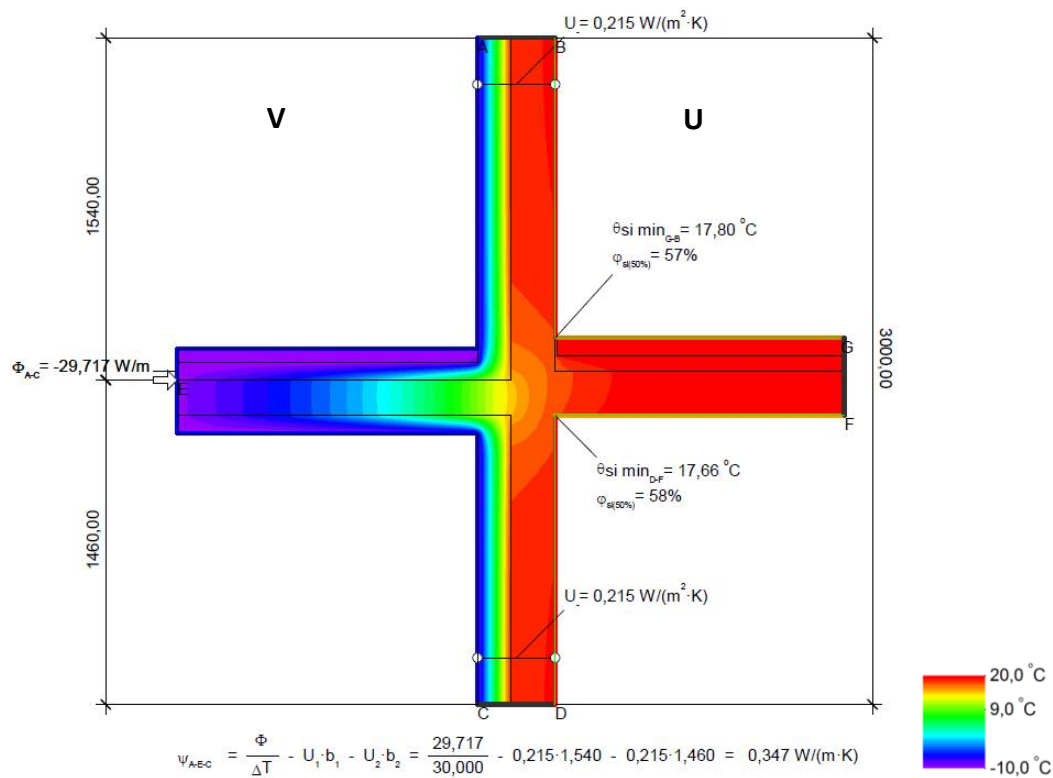
Tablica 19. Pravilno riješeni prodori nosive konstrukcije kroz sloj toplinske izolacije (prema Tehničkom propisu)

Naziv detalja	Grafički prikaz detalja s dobro riješenim toplinskim mostovima	Napomene
<p>Vanjski zid između dvije loggie – rješenje vanjskog istaka zida od betona s umetkom za konstrukcijski prekid toplinskog mosta</p>		<p><math>d_{Ti}</math> - debljina toplinske izolacije u skladu sa zadovoljenjem zahtjeva iz Priloga B Tehničkog propisa</p>
<p>Vanjski zid između dvije loggie – rješenje vanjskog istaka zida od betona s oblaganjem zida toplinskom izolacijom sa svih strana (u slučaju zida istaknutog <math>\leq 100 \text{ cm}</math>)</p>		<p>V - vani ili negrijano U - unutra (zimi grijano)</p> <p>* - dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije navedene bez zagrada odnose se na zahtjeve iz Priloga B Tehničkog propisa za odgovarajuću vrstu građevinskog dijela zgrade, za zgrade s: <math>\Theta_i \geq 18^\circ\text{C}</math> i <math>\Theta_{e,mj,min} \leq 3^\circ\text{C}</math></p>
<p>Balkon ili loggia - rješenje s izvedbom umetka za konstrukcijski prekid toplinskog mosta</p>		<p>- dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije navedene u zgradama odnose se na zahtjeve iz Priloga B Tehničkog propisa za odgovarajuću vrstu građevinskog dijela zgrade, za zgrade s: <math>\Theta_i \geq 18^\circ\text{C}</math> i <math>\Theta_{e,mj,min} &gt; 3^\circ\text{C}</math></p> <p>- dimenzije debljina slojeva toplinske izolacije odnose se na minimalne debljine materijala za toplinske izolacije toplinske provodljivosti: <math>\lambda \leq 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})</math> ili ekvivalentne manje debljine materijala za toplinsku izolaciju s povoljnijim (nižim) <math>\lambda</math> vrijednostima</p>
<p>Balkon ili loggia - rješenje s oblaganjem armiranobetonske ploče balkona/loggie toplinskom izolacijom s gornje i donje strane</p>		<p>- sve označene dimenzije izražene su u centimetrima (cm)</p>

Na prodorima nosive konstrukcije kroz sloj toplinske izolacije, unatoč pravilnim rješenjima, pojavljuje se vrlo veliki toplinski tok. Kod zgrada s balkonima ili lođama duž cijelog pročelja (npr. hoteli) ili zgrada s nosivom armiranobetonskom konstrukcijom s vanjske strane, a toplinskom izolacijom s unutarnje, postoji velik broj prodora nosive konstrukcije kroz sloj toplinske izolacije. U nastavku su prikazani rezultati izračuna pravilno riješenih toplinskih mostova i njihov utjecaj na prosječnu U vrijednost ovojnice, odnosno specifični koeficijent transmisijskog gubitka,  $H'$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], izrađeni računalnim programom *Flixo energy plus 8.0.922.1*.

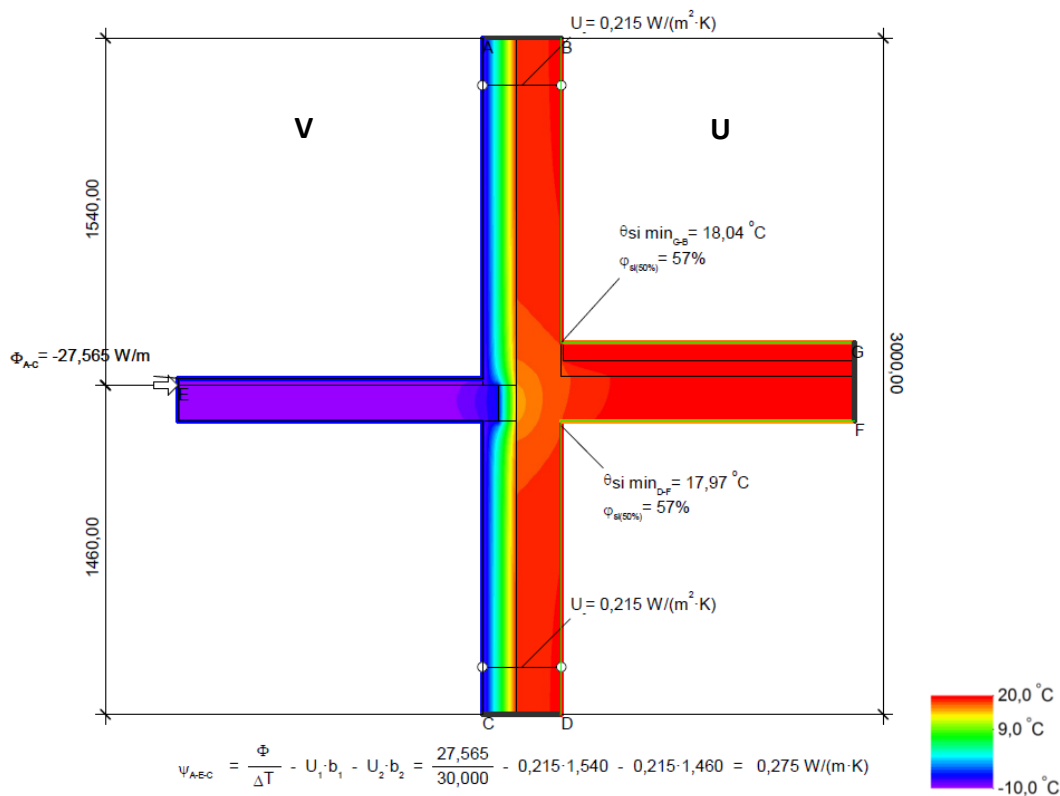


Slika 10. Presjek zgrade s velikim brojem prodora nosive konstrukcije kroz sloj toplinske izolacije.



Slika 11. Pravilno rješenje prodora balkonske ploče kao produljenje toplinskog mosta – obostrano oblaganje toplinskom izolacijom

U slučaju produljenja toplinskog mosta balkonske ploče obostranim oblaganjem konstrukcije toplinskom izolacijom (kao na primjeru gore), toplinski most, odnosno povećanje toplinskog toka iznosit će  $\psi = 0,347 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Ako bi se toplinski most preko balkonske ploče iskazao kao povećanje  $U$  vrijednosti neprozirnih građevnih dijelova ovojnice, za prikazani primjer to povećanje bi iznosilo  $\Delta U_{TM,BALKON} = + 0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Budući da je u aproksimaciju toplinskih mostova potrebno uzeti i utjecaj mehaničkih spojnica toplinske izolacije, način ugradnje prozora, uglova, temelja, itd., u ovom slučaju utjecaj toplinskih mostova mogli bi aproksimirati s vrijednošću  $\Delta U_{TM} = + 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .



Slika 12. Pravilno rješenje prodora balkonske ploče elementom za konstruktivni prekid toplinskog mosta

Kod rješenja s elementom za konstruktivni prekid toplinskog mosta postižu se nešto bolji rezultati,  $\psi = 0,275 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . U tom bi se slučaju utjecaj toplinskog mosta na mjestu balkonske ploče mogao iskazati kao povećanje  $U$  vrijednosti neprozirnih građevnih dijelova ovojnice (za prikazani primjer) za  $\Delta U_{TM,BALKON} = + 0,07 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , a ukupni utjecaj toplinskih mostova mogli bi aproksimirati kao povećanje  $\Delta U_{TM} = + 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

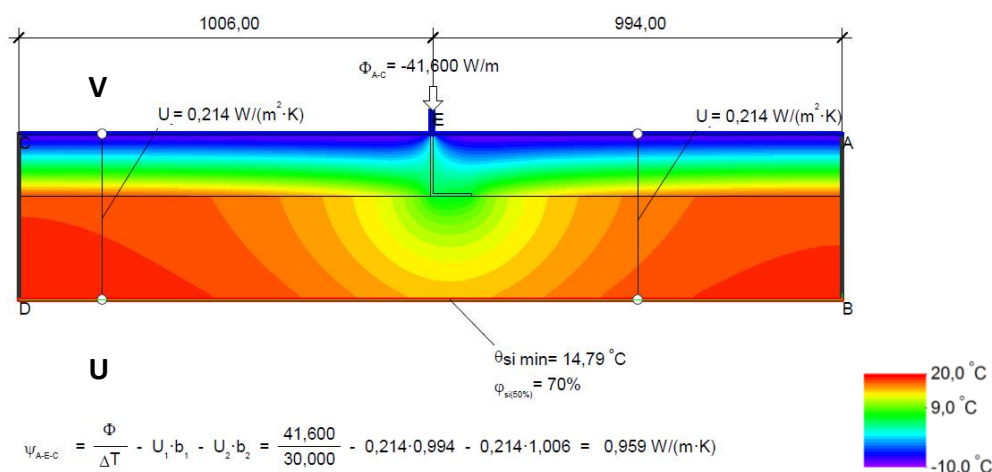
Kod zgrada s vrlo velikim brojem prodora nosive konstrukcije kroz ovojnicu, preporučljiv je izračun toplinskih mostova ili aproksimacija utjecaja toplinskih mostova s vrijednostima  $\Delta U_{TM} = + 0,10$  do  $+ 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  unatoč pravilno riješenim detaljima prema prilogu Tehničkog propisa.

Kod zgrada s malim brojem prodora nosive konstrukcije kroz ovojnicu ili bez njih, utjecaj toplinskih mostova se uklapa u aproksimaciju  $\Delta U_{TM} = + 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Osim prodora nosive konstrukcije kroz ovojnicu zgrade, veliki toplinski mostovi javljaju se i kod prodora metalnih elemenata poput potkonstrukcija ventiliranih fasada ili krovova. Metali imaju vrlo velike koeficijente provodljivosti topline,  $\lambda [\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$ , stoga je potrebno obratiti posebnu pozornost prilikom ugradnje metalnih elemenata.

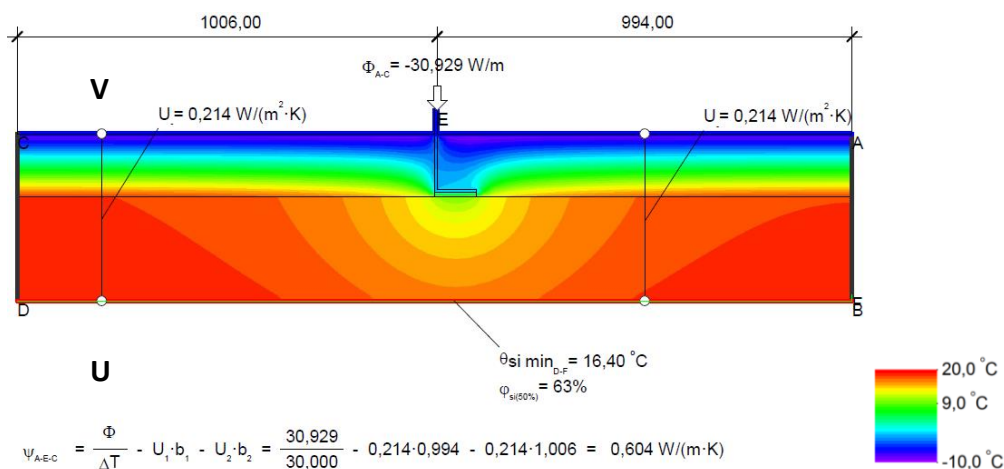
Tablica 20. Materijali i pripadajući koeficijenti provodljivosti topline  $\lambda$  [W/(m·K)]

Materijal	Koeficijent provodljivosti topline, $\lambda$ [W/(m·K)]
Toplinske izolacije	0,035 – 0,045
Porobeton	0,11
Termoblokovi	0,07 – 0,20
Drvo	0,15 – 0,21
Blok opeka	0,45
Armirani beton	2,60
Nehrđajući čelik	17
Čelik	59
Aluminij	160
Bakar	380



Slika 13. Raspored temperatura i izračun linijskog toplinskog mosta na poziciji aluminijskog profila pričvršćenog za armiranobetonski zid bez termičkog podloška pri unutarnjoj temperaturi od 20 °C i vanjskoj od - 10 °C

Kod armiranobetonskih konstrukcija, prodori metalnih pričvršnica i elemenata ventiliranih fasada imaju velik utjecaj na povećanje toplinskog toka kroz konstrukciju zbog vrlo dobre provodljivosti topline metala. Nepravilno ugrađena metalna potkonstrukcija fasade može pogoršati  $U$  vrijednost zida i do + 0,10 W/(m<sup>2</sup>·K) (ovisno o materijalu i gustoći potkonstrukcije). Slučajevi kod kojih ovaj utjecaj nije uzet u obzir pokazuju 30% veće potrošnje energije za grijanje od proračunatih. Ugradnjom termičkog podloška dobivamo 40% povoljnije vrijednosti.



Slika 14. Raspored temperatura i izračun linijskog toplinskog mosta na poziciji aluminijskog profila pričvršćenog za armiranobetonski zid s termičkim podloškom pri unutarnjoj temperaturi od 20 °C i vanjskoj od - 10 °C

Metalnu potkonstrukciju fasade koja prolazi kroz toplinsku izolaciju, a učvršćena je na armiranobetonske zidove, potrebno je ugraditi preko termičkih podložaka. Utjecaj metalnih spojnica tada se može aproksimirati kao korekcija koeficijenta prolaska topline građevnog dijela za  $\Delta U = + 0,03$  do  $+ 0,07 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , ovisno o materijalu i gustoći potkonstrukcije.

Kod zidane konstrukcije utjecaj metalne potkonstrukcije fasade nešto je manji i može se aproksimirati kao korekcija koeficijenta prolaska topline građevnog dijela za  $\Delta U = + 0,02$  do  $+ 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , ovisno o materijalu i gustoći potkonstrukcije.

## ZRAKOPROPUSNOST

Prema Tehničkom propisu, zgrada mora biti projektirana i izgrađena na način da dijelovi zgrade koji čine ovojnici grijanog prostora zgrade, uključivo spojnice između pojedinih građevnih dijelova i otvora ili prozirnih elemenata koji nemaju mogućnost otvaranja, budu minimalne zrakopropusnosti u skladu s dosegnutim stupnjem razvoja tehnike i tehnologije u vrijeme izrade projekta. Ispunjavanje zahtjeva o zrakopropusnosti dokazuje se ispitivanjem na izgrađenoj novoj ili rekonstruiranoj postojećoj zgradi prema HRN EN ISO 9972:2015, metoda određivanja A, prije tehničkog pregleda zgrade. Prilikom ispitivanja, za razliku tlakova između unutarnjeg i vanjskog zraka od 50 Pa, izmjereni protok zraka, sveden na obujam unutarnjeg zraka, ne smije biti veći od vrijednosti  $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$  kod zgrada ili pojedinih toplinskih zona zgrada bez mehaničkog uređaja za ventilaciju, odnosno  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$  kod zgrada ili pojedinih toplinskih zona zgrada s mehaničkim uređajem za ventilaciju. Obvezna primjena ovog zahtjeva odnosi se na zgrade gotovo nulte energije.

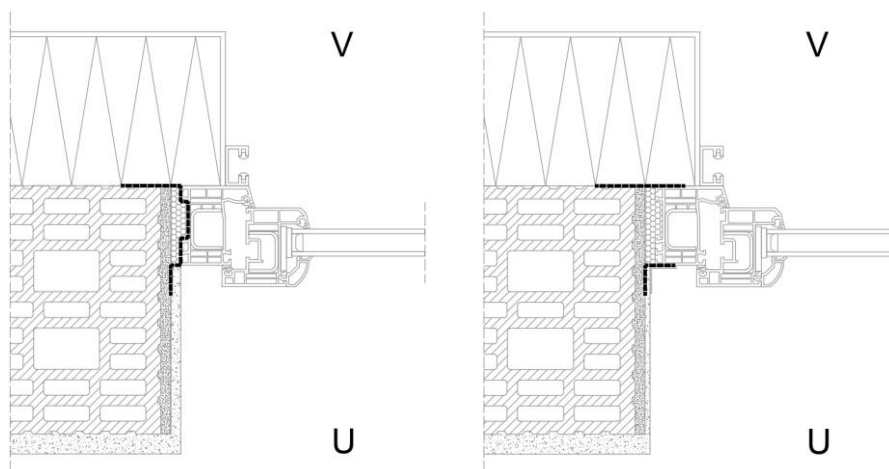
Ispitivanje se provodi „Blower-door“ testom, a mjesta eventualnog propuštanja zraka određuju se termografskim snimanjem, anemometrom ili metodom suhog dima. Ispitivanje se provodi u dvije etape – prva nakon zatvaranja ovojnice i žbukanja zidanih zidova, druga nakon završetka zgrade. Ispitivanje se ponavlja nakon brtvljenja eventualnih mjesta propuštanja zraka dok se ne zadovolji vrijednost  $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$  kod zona s mehaničkim uređajem za ventilaciju, odnosno  $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$  kod zona s prirodnim provjetranjem.

Mjerenje se provodi u dvije etape – nakon zatvaranja ovojnice (prva etapa) i kao provjera nakon završetka zgrade (druga etapa). Zatvaranje ovojnice izvodi se nakon izvedbe nosive konstrukcije, a prije izvedbe obloga. Tada su sve brtve vanjskih elemenata ugrađenih u otvore (prozori, vrata...), koje bi mogle biti potencijalno mjesto propuštanja, dostupne i njihov popravak je u toj etapi najjednostavniji. Kod armiranobetonskih konstrukcija zrakopropusnost kroza zidove je zanemariva, dok kod zidanih konstrukcija neožbukani zidovi mogu imati dosta sitnih otvora, stoga moraju biti ožbukani prije mjerenja zrakopropusnosti. Kod laganih konstrukcija (štapnih - drvenih ili metalnih) parna brana s unutarnje strane toplinske izolacije preuzima i funkciju zrakonepropusnosti pa je zato potreban oprez prilikom izvedbe završnih radova kako se ista ne bi probušila. Druga je etapa mjerenja nakon završetka zgrade (i svih obloga) te bilo kakve sanacije u toj etapi mogu biti vrlo skupe i komplicirane.

Izvođač mora biti upoznat sa zahtjevima u vezi s dopuštenim razinama zrakopropusnosti. U slučaju nedopuštenih vrijednosti, izvođač je dužan otkloniti greške nakon čega se testiranje ponavlja. Postupak se ponavlja dok se ne postignu vrijednosti tražene Tehničkim propisom.

**Pravilna ugradnja vanjske stolarije** najsigurniji je način da se postigne zadovoljavajuća zrakonepropusnost zgrade. Ugradnja vanjske stolarije prema njemačkim smjernicama, poznatija kao „RAL ugradnja“, propisuje tri razine brtvljenja – unutarnja paronepropusna brtva ili parna brana, ekspandirajuća traka ili pjena i vanjska brtva ili paropropusna folija.

Prozori su izloženi toplinskom radu i vibracijama, stoga s vremenom nastaju mikropukotine na spoju okvira i zida. Parna brana i paropropusna folija elastične su trake koje dugotrajno sprječavaju prolaz zraka kroz reške između okvira i zida. Špaleta na koju se lijepi parna brana mora biti ožbukana, ravna i očišćena.



Slika 15. Pravilno brtvljenje vanjske stolarije

#### 4.1.2. PROJEKTIRANJE TEHNIČKIH SUSTAVA

Tehnički sustavi u zgradi jesu sustavi namijenjeni za grijanje, hlađenje, pripremu potrošne tople vode (PTV), ventilaciju, klimatizaciju, rasvjetu te sustav automatizacije, dok pod termotehničkim sustavima podrazumijevamo samo sustave za grijanje, hlađenje, pripremu potrošne tople vode, ventilaciju i klimatizaciju.

Pri projektiranju tehničkih sustava u zgradama potrebno je odabrati tehničke sustave i energente kojima ćemo omogućiti ispunjavanje zahtjeva iz tehničke regulative poštujući pritom načela struke, tehničke mogućnosti, te želje, potrebe i mogućnosti investitora. Pojednostavljeno, cilj treba biti što niža isporučena i primarna energija uz što veći udio obnovljivih izvora energije, ali sve temeljeno na troškovno optimalnim načelima. Suvremena tehnička rješenja daju odgovor na gotovo bilo koji zahtjev. Danas je gotovo sve moguće napraviti, samo je pitanje po kojoj cijeni. Kvalitetno izrađen projekt tehničkih sustava trebao bi omogućiti kvalitetu života i rada u zgradi uz što jednostavnije održavanje i što manju potrošnju i troškove energije.

U nastavku se daje prikaz najčešće korištenih tehničkih sustava u zgradama.

Općenito, tehničke sustave možemo podijeliti na centralne i lokalne sustave. Pod centralnim sustavima podrazumijevamo jedan sustav namijenjen za cijelu zgradu ili određene dijelove zgrade (zone, samostalne uporabne cjeline i slično), za razliku od lokalnoga koji je namijenjen samo za jedan prostor u zgradi.

#### GRIJANJE

Sustav grijanja je tehnički sustav koji se sastoji od kombinacije komponenata koje su potrebne za određeni način obrade zraka u prostoriji kojim se nadzire temperatura, odnosno pomoću koje se temperatura može povećati.

Za pripremu (proizvodnju) toplinske energije za potrebe grijanja prostora koriste se generatori topline, a to su u zgradama najčešće bojleri (zidni grijači), kotlovi, dizalice topline, solarni toplovodni kolektori, te lokalne peći i grijalice. Najčešće primijenjeni energenti jesu prirodni plin, električna energija, daljinsko grijanje, drvena biomasa, ekstra lako loživo ulje i ostali naftni derivati, te u manjoj mjeri solarna energija. Daljinsku energiju smatramo također



energentom. U tom se slučaju toplinska energija za grijanje priprema u zajedničkom generatoru toplinske energije (uglavnom kotlovnice, toplane ili kogeneracijska postrojenja) koji se nalazi izvan lokacije zgrade.

### **Zidni grijači vode i kotlovi**

U sustavima centralnoga grijanja koristimo najčešće kotlove i zidne grijače vode (bojlere). Energenti koji se koriste za zidne grijače vode i kotlove jesu fosilna goriva: prirodni plin, ukapljeni naftni plin, loživa ulja (najčešće ekstra lako loživo ulje), te obnovljivo gorivo: drvena biomasa (cjepanice, peleti, sječka).

Kotlove najčešće ugrađujemo u kotlovnice, odnosno u zasebne odgovarajuće prostorije namijenjene za smještaj tehničke opreme. Zidni grijači vode također se ugrađuju u kotlovnice, ali i u ostale prostore unutar zgrade, poput sanitarnih prostorija, hodnika ili slično. Kotlovnice i druge odgovarajuće prostorije mogu biti unutar zgrade, na krovu zgrade ili pokraj zgrade u zasebnim objektima.

Zajedničko svim vrstama kotlova i bojlera jest izgaranje goriva (energenta) u ložištu kotla čime se oslobađa toplina, tj. proizvodi toplinska energija. Za izgaranje nam je potreban kisik koji dovodimo do ložišta kotlova ili bojlera prirodnim putem (atmosferska ložišta) ili prisilnim putem kao kod kondenzacijskih kotlova/bojlera, prije kod turbo bojlera. Kao nusproizvod izgaranja nastaju dimni plinovi koje odvodimo sustavima za odvod dimnih plinova (dimnjaci).

Kondenzacijski kotlovi su učinkovitiji od prijašnjih standardnih i niskotemperaturnih kotlova zbog iskorištavanja latentne topline sadržane u vodenoj pari dimnih plinova. Ta toplina predaje se sustavu grijanja pa je zato njihova učinkovitost veća od konvencionalnih kotlova.

Centralno grijanje može biti toplovodno ili zračno. Pod time se podrazumijeva da je medij koji se dovodi u prostor koji zagrijavamo topla voda (toplovodno) ili topli zrak (zračno).

Kod toplovodnog grijanja, toplinska energija proizvedena u kotlu ili bojleru jest topla ogrjevna voda koja se razvodi cijevnim razvodom kroz zgradu direktno do potrošača (ogrjevnih tijela) ili se u slučajevima većih zgrada vodi do toplinske stanice, odakle se opet razvodi do potrošača.

U slučaju zračnog grijanja, toplinska energija proizvedena u kotlu ili bojleru opet je topla ogrjevna voda koja se koristi za zagrijavanje zraka pomoću grijača/izmjenjivača topline. Topli zrak razvodi se kanalskim razvodom do prostorija koje grijemo, te se ispuhuje u prostore pomoću istrujnih elemenata (rešetke, anemostati, difuzori i slično).

### **Daljinsko grijanje**

Daljinsko grijanje podrazumijeva pripremu toplinske energije (topla ogrjevna voda ili para) na centralnom mjestu za potrebe više korisnika (stambenih i nestambenih zgrada, industrijskih građevina i slično), a pripremljena toplinska energija se razvodi izoliranim cjevovodima vođenima podzemno do toplinskih stanica u svakoj od zgrada priključenih na sustav. Današnji sustavi daljinskog grijanja su uglavnom indirektni, što znači da je primarni medij (topla, vrela ogrjevna voda ili para pripremljena na centralnom generatoru toplinske energije) odvojen od sekundarnog medija (topla voda za grijanje zgrade) pomoću izmjenjivača topline (najčešće kompaktna toplinska podstanica) u toplinskoj stanici zgrade. Tu valja još napomenuti da postoje i sustavi daljinskog hlađenja, ali ih u Hrvatskoj još uvijek nema.

Generator za pripremu toplinske energije u sustavu daljinskog grijanja može biti pogonjen fosilnim gorivom, obnovljivim izvorom energije, ili njihovom kombinacijom. Stoga ćemo za različite sustave daljinskog grijanja imati i različite faktore primarne energije, u ovisnosti o korištenom energentu. Ako koristimo sustav daljinskog grijanja koji je u potpunosti pogonjen obnovljivim izvorom energije možemo isporučenu energiju koristiti pri izračunu udjela obnovljivih izvora energije.

## Dizalice topline

Dizalica topline je uređaj koji osigurava toplinsku i rashladnu energiju za primjenu u stambenim i nestambenim zgradama, te u industriji. Dizalicu topline nazivamo još i toplinska crpka ili toplinska pumpa, a njen rad se temelji na iskorištavanju topline okolišnog zraka, vode ili zemlje, koji se smatraju obnovljivim izvorima energije.

Postoje dva standardna tipa dizalice topline: kompresijske i sorpcijske. Najčešće se u praksi susrećemo s kompresijskim dizalicama pa se daljnji tekst i odnosi na njih.

Dizalice topline ne svrstavamo u generatore topline jer ne proizvode toplinsku energiju, već se toplinska energija osigurava prijenosom energije s niže na višu temperaturnu razinu.

Energent koji pogoni dizalice topline je uglavnom električna energija, ali u manjoj mjeri nalazimo i plinom pogonjene dizalice. Ovisno o učinkovitosti dizalice topline, omjer utrošenog energenta i korisno dobivene energije kreće se od 2,5 naviše. Učinkovitost se izražava faktorom grijanja COP (engl. *Coefficient Of Performance*) i faktorom hlađenja EER (engl. *Energy Efficiency Ratio*). Što su faktori veći, to je dizalica učinkovitija.

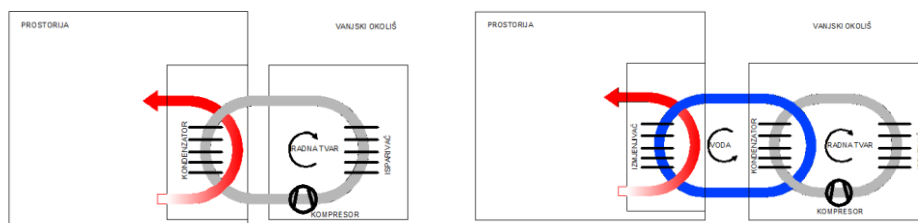
Konkretnije govoreći, dizalica topline sa, primjerice, faktorom grijanja COP = 4 potrošit će samo 1 kW električne energije da bi osigurala 4 kW korisne toplinske energije. Razlika uložene energije i energije dobivene (ili iskorištene) iz okoliša (zrak, voda ili tlo) iznosi 3 kW i ona je za korisnika je besplatna. Treba još jednom naglasiti da je riječ o obnovljivim izvorima energije.

U novije vrijeme učinkovitost dizalice izražava se i pomoću sezonskih faktora grijanja i hlađenja SCOP i SEER, koji daju omjer utrošene energije i korisno dobivene energije na sezonskoj razini.

Dizalice mogu biti namijenjene samo za grijanje, samo za hlađenje ili za grijanje i hlađenje (reverzibilne dizalice).

Sustav s dizalicama topline može biti izveden kao direktni ili indirektni:

- Direktni sustav nazivamo još i sustav s direktnom ekspanzijom ili dizalica topline ZRAK-ZRAK, prikazan je na gornjoj shemi i podrazumijeva da radna tvar cirkulira u zatvorenom krugu i predaje energiju direktno prostoru koji grijemo ili hladimo. Široko korišteni split, multi split i PVRT sustavi jesu sustavi s direktnom ekspanzijom.
- U indirektnom sustavu radna tvar također cirkulira u zatvorenom krugu, ali predaje energiju ogrjevnoj ili rashladnoj vodi, koja potom predaje energiju prostoru. Voda je prijenosnik energije pa stoga sustav nazivamo indirektni. Dizalice koje koristimo u indirektnim sustavima jesu ZRAK-VODA, VODA-VODA ili GEOTERMALNE dizalice.



Slika 16. Direktni i indirektni sustavi s dizalicama topline

Dizalice topline korištene u indirektnim sustavima dijelimo prema načinu odvođenja otpadne topline kondenzatora na:

- zrak-voda (odvođenje otpadne topline zrakom iz okoline)
- voda-voda (odvođenje otpadne topline vodom)
- geotermalne (odvođenje otpadne topline korištenjem topline tla, podzemnih voda, mora, rijeka, ...).

## HLAĐENJE

Sustav hlađenja je tehnički sustav koji se sastoji od kombinacije komponenata koje su potrebne za određeni način obrade zraka u prostoriji kojim se nadzire temperatura odnosno pomoću koje se temperatura može sniziti.

Za pripremu (proizvodnju) rashladne energije za potrebe hlađenja prostora koriste se već prethodno opisane dizalice topline, a sustavi su indirektni ili direktni. Sve je već opisano u prethodnom poglavlju. Dizalicu topline namijenjenu samo hlađenju najčešće nazivamo rashladnik vode ili (engl.) *chiller*.

## OGRJEVNA/RASHLADNA TIJELA

Potrošači su ogrjevna/rashladna tijela namijenjena predaji toplinske/rashladne energije u prostor.

Kao ogrjevna tijela najčešće se koriste radijatori, ventilokonvektori i konvektori, te unutarnje jedinice kod split/multi split i PVRT sustava. U novije vrijeme srećemo sve više sustave panelnog grijanja i hlađenja (podno, stropno i zidno grijanje i hlađenje).

## PRIPREMA POTROŠNE TOPLE VODE

Za pripremu potrošne tople vode koristimo lokalne ili centralne sustave. Najčešće korišteni energenti bili su fosilna goriva (prirodni plin i UNP, te električna energija), pa i daljinsko grijanje, dok se danas sve više koriste solarna energija i sustavi s dizalicama topline.

Potrošnu toplu vodu možemo zagrijavati protočnim sustavima (bez spremnika PTV-a, ali uz veću snagu grijača) i akumulacijskim sustavima (sa spremnikom uz manju snagu grijača).

Kod odabira i dimenzioniranja sustava PTV-a potrebno je pomno sagledati realne potrebe za potrošnom toplom vodom (količina i režim korištenja), te sukladno tome dimenzionirati sustav. Predimenzionirani sustavi vode velikim gubicima i nepotrebnom trošenju energije, dok poddimenzionirani sustavi ne zadovoljavaju svoju osnovnu svrhu.

## MEHANIČKA VENTILACIJA I REKUPERACIJA

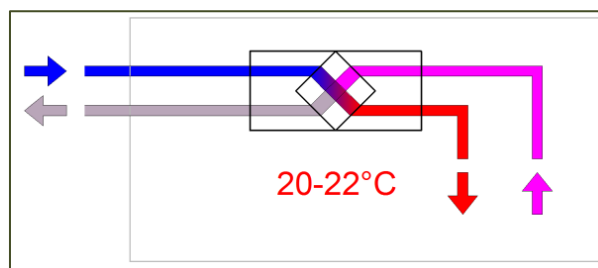
Neovisno o vrsti i namjeni zgrade, svježi zrak u prostorima nam je potreban za normalan život i rad. Provjetravanje ili ventilacija podrazumijeva dovod svježega vanjskog zraka i odvod sobnoga otpadnog zraka kako bi se osigurala dostatna količina svježeg zraka u prostoru. Ventilacija može biti prirodna i prisilna (mehanička).

Potrebnu količinu zraka određujemo temeljem vrste i namjene prostora, te režima korištenja. Minimalna potrebna količina svježeg zraka dana je Algoritmom za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade. Potrebna količina svježeg zraka može se odrediti i prema očekivanom broju osoba u prostoru koji provjetravamo.

Provjetravanje prostora se najčešće odvija prirodnim putem otvaranjem prozora, što je učinkovito u pogledu provjetravanja, ali vrlo neučinkovito glede potrošnje energije. Isto vrijedi i za sustave mehaničke ventilacije bez rekuperacije. Naime, svježi (a zimi i hladni) zrak iz okoline ne možemo direktno dovoditi u prostor, već ga moramo zagrijati na temperaturu prostorije, a otpadni zrak iz prostora (već zagrijan) odvodimo u okolinu. Tako provjetravamo prostor i osiguravamo svježi zrak, ali istovremeno bacamo energiju.

Korištenjem rekuperatora, odnosno izmjenjivača topline, iskorištavamo barem dio topline iz otpadnog zraka kako bismo tom energijom zagrijali hladni zrak koji dovodimo u prostor. Ako je potrebno, tako zagrijani zrak još dogrijavamo i time štedimo barem dio energije koju bismo inače gubili. Faktor rekuperacije (iskoristivost) u stvarnim se uvjetima korištenja najčešće kreće između 50 i 85%, ovisno o tipu i kvaliteti rekuperatora.

Korištenje mehaničke ventilacije s rekuperacijom znatno i direktno smanjuje potrebnu, isporučenu i primarnu energiju za rad termotehničkih sustava.



Slika 17. Princip mehaničke ventilacije s rekuperacijom

Za rad ventilatora u sustavima ventilacije potrebna je energija. Nepotrebno ventiliranje prostorija u trenutku dok se one ne koriste rezultirat će samo povećanim troškovima. Upravljanje mehaničkom ventilacijom može biti putem senzora kvalitete zraka u prostoru (CO<sub>2</sub> osjetnika). Na taj se način ventilacija uključuje samo kada je stvarno potrebno i samo dok se prostor koristi. Primjenom CO<sub>2</sub> osjetnika može se pretpostaviti da ventilacija radi 40% manje vremena u odnosu na vrijeme korištenja prostora.

### SOLARNI KOLEKTORI

Solarni ili sunčani toplovodni kolektori osiguravaju toplinsku energiju najčešće za potrebe grijanja i pripreme PTV. Izvedba kolektora može biti pločasta ili vakuumaska. Pločasti kolektori odlikuju se boljim iskorištenjem topline u ljetnim mjesecima i nižom cijenom, dok su vakuumski (cijevni) kolektori učinkovitiji u zimskim mjesecima, ali cjenovno skuplji.

Korisna energija koju možemo proizvesti (ili prikupiti) pomoću solarnih kolektora ovisi o ugrađenom kapacitetu kolektora i njihovoj učinkovitosti, geografskoj lokaciji, orijentaciji, nagibu (kutu postavljanja), te o cjelokupnom projektnom, tj. tehničkom rješenju ostalih komponenata sustava (spremnici energije, automatska regulacija).

### FOTONAPONSKI PANELI

Direktnom pretvorbom energije sunčeva zračenja možemo proizvesti električnu energiju korištenjem fotoelektričnog efekta. Za to nam je potreban uređaj, odnosno fotonaponska ćelija (solarna ćelija) u kojemu se odvija pretvorba. Fotonaponske ćelije povezujemo u module i polja, te tako dobivamo fotonaponski sustav.

Električna energija proizvedena pomoću fotonaponskog sustava smatra se obnovljivim izvorom energije. Proizvodnja električne energije na lokaciji zgrade, njena potrošnja i predaja viškova u mrežu smanjuje potrošnju primarne energije i povećava udio obnovljivih izvora energije.

### RASVJETA

Kao što smo napomenuli, prilikom projektiranja nZEB zgrada, glavni nam je cilj smanjiti isporučenu energiju zgradi. Ugradnjom energetski učinkovitih uređaja smanjujemo potrebnu energiju za određeni sustav, a time i isporučenu i primarnu energiju. Stoga, kada govorimo o rasvjeti tada je LED tehnologija neizostavna. Za stvaranje istoga svjetlosnog toka LED izvori svjetlosti troše i do 6 puta manje električne energije od izvora svjetlosti baziranih na tehnologiji žarne niti te oko 2 puta manje od izvora svjetlosti baziranih na tehnologiji izboja na plin. Prilikom projektiranja, pored ostalih parametara, nužno je paziti na temperaturu boje i na uzvrat boje, kako bi se korisnici ugodno osjećali u prostoru. Naravno, neizostavno je i korištenje norme HRN EN 12464 kako bi se za određenu vrstu zgrade ispunili svjetlotehnički zahtjevi. Prilikom izračuna potrebne energije za rasvjetu nužno je koristiti propisani Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Energijski zahtjevi za rasvjetu.

## POSTIZANJE nZEB STANDARDA

Već je u prethodnim poglavljima opisano kako postići nZEB standard, a iz danih se primjera može zaključiti da ne postoje univerzalna rješenja. Svaku zgradu treba detaljno sagledati i pokušati odrediti optimalan energetska koncept. Idealno bi bilo napraviti preliminarne izračune koji bi poslužili kao podloga za definiranje energetska koncepta tijekom izrade idejnog rješenja, iako je to u praksi rijetko moguće.

Budući da ne postoje jedinstvena rješenja za osiguravanje nZEB standarda, tako nije moguće ni dati upute kako projektirati nZEB zgrade. Međutim, postoji jedno načelo koje ovdje želimo naglasiti, a to je **ISPRAVNO DIMENZIONIRANJE SUSTAVA**.

Kvalitetan projekt vodit će računa o ispravno odabranim i odgovarajuće dimenzioniranim sustavima, a u nastavku navodimo samo neke primjere.

Jedna od najčešćih grešaka pri projektiranju jest predimenzioniranost sustava. Predimenzionirani kotlove, pumpe i ostale komponente sustava grijanja rezultiraju većim gubicima sustava, a time i većom izračunatom primarnom energijom, ali i većim troškovima za energiju tijekom životnog vijeka sustava. Naravno, ni poddimenzionirani sustav grijanja nije dobar jer neće biti u mogućnosti ostvariti željenu temperaturu u prostoru. Ključ je u ispravno dimenzioniranom sustavu koji će omogućiti najmanje moguće gubitke sustava uz odgovarajuću funkciju.

Pri odabiru sustava treba sagledati stvarne potrebe. Sustave treba odabrati (i dimenzionirati) prema stvarnim ili očekivanim potrebama, a na osnovi važećih zakonskih propisa i primjenjivih normi. Kao primjer navodimo zgradu uredske namjene i sustav za pripremu potrošne tople vode. Treba li predvidjeti veći centralni sustav pripreme PTV ili manje lokalne sustave na mjestima potrošnje? Ne postoji jedinstveni odgovor, ali vrlo je vjerojatno da će lokalni sustavi biti energetska učinkovitiji, čak i ako koriste električnu energiju kao energent. U uredskim je zgradama potrošnja PTV uglavnom zanemarivo malena, što je i prepoznato u zakonskoj regulativi. Naime, pri izračunu energetska svojstva zgrade potrošnja PTV u zgradama uredske namjene ne uzima se u obzir. Međutim, to ne znači da se sustav pripreme PTV ne projektira, znači samo da se ne uzima u obzir pri izračunu godišnje primarne energije.

Ugradnja sustava mehaničke ventilacije omogućava kvalitetan zrak u prostoru i smanjuje potrebnu energiju za grijanje i hlađenje. Dimenzioniranje cijelog sustava izuzetno je važno kako bi se osigurao što ugodniji rad i život u prostoru uz što učinkovitiji sustav. Previše svježeg zraka uz (vrlo često) neodgovarajuću površinu kanala i premalene istrujne elemente, te moguću neodgovarajuću temperaturu dovodnog zraka rezultiraju velikom nelagodnom kod korisnika. Nerijetko se tada fizički zatvaraju istrujni elementi (rešetke), a za osiguravanje svježeg zraka drže se otvoreni prozori. Poddimenzionirani sustav također neće biti od koristi, opet će se otvarati prozori kako bi se osiguralo dovoljno izmjena zraka u prostoru.

Ugrađujemo li solarne kolektore, obvezno je ispravno dimenzionirati spremnik ogrjevnog vode ili energetska spremnik. Premali volumen spremnika rezultirat će slabijim iskorištavanjem ugrađenih kolektora. Pri ugradnji fotonaponskih panela potrebno je osigurati spoj elektrane na distribucijsku mrežu ili ugradnju baterija za pohranu energije. Naime, višak proizvedene energije pojavit će se prije ili poslije, bez obzira na očekivanu potrošnju električne energije u zgradi. Bez predaje ili pohrane viška električne energije ona će biti izgubljena i tada se ne može uračunati u smanjenje potrošnje primarne energije.

Pri projektiranju fotonaponske elektrane (FN elektrane) prvo na što trebamo obratiti pozornost jest da nazivna snaga FN elektrane ne bude veća od priključne snage zgrade. Radi li se o postojećoj zgradi, nužno je analizirati trenutačnu potrošnju električne energije na satnoj razini ako je moguće jer sve FN elektrane trebaju biti

dimenzionirane na način da u što većem dijelu kompenziraju potrošnju same zgrade a da u što manjem dijelu predaju energiju u mrežu (poželjno je ništa!). Time se postiže troškovna isplativost FN elektrane i smanjuje energija preuzeta iz mreže čime se i rasterećuje mrežni sustav. Ako se radi o novoj zgradi, tada nema potrošnje koju možemo analizirati, ali kako određujemo priključnu snagu zgrade, tako možemo pretpostaviti kakva će biti krivulja potrošnje energije, te dimenzionirati FN elektranu primjerenu potrebama zgrade.

Kada smo odredili potrebnu nazivnu snagu FN elektrane i uvjerali se da imamo dovoljno mjesta na zgradi za njegovu instalaciju, trebamo odabrati tehnologiju FN panela jer nisu svi FN paneli iste učinkovitosti. Sukladno Algoritmu za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama – Sustavi kogeneracije, sustavi daljinskog grijanja, fotonaponski sustavi, prema kojem se računa proizvodnja električne energije FN elektrane, imamo sljedeće tehnologije:

Tablica 21. Informativne vrijednosti koeficijenta vršne snage  $K_{pk}$  za razne vrste FN modula (Tablica 3.3. iz Algoritma)

Vrsta PV modula	$K_{pk}$ [kW/m <sup>2</sup> ]
Mono-kristalični Silicij	0,12-0,18
Poli-kristalični Silicij	0,10-0,16
Tankoslojni amorfnj Silicij	0,04-0,08
Ostali tankoslojni	0,035
Tankoslojni Bakar-Indij-Galij-Diselenid	0,105
Tankoslojni Kadmij-Telurid	0,095

Koeficijent vršne snage očitavamo iz gornje tablice ili iz podataka proizvođača FN panela; izražen u postotcima (%) kao učinkovitost modula. Potrebna nam je i površina panela (bez okvira), kao i lokacija elektrane.

Tablica 22. Informativne vrijednosti faktora nagiba  $f_{tilt}$  u ovisnosti o nagibu i orijentaciji FN modula (Tablica 3.2. iz Algoritma)

Kontinentalna Hrvatska		Orijentacija				
		Zapad	Jugozapad	Jug	Jugoistok	Istok
		Faktor nagiba $f_{tilt}$ [-]				
kut	0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	30°	0,93	1,07	1,13	1,07	0,93
	45°	0,87	1,05	1,11	1,05	0,87
	60°	0,79	0,98	1,04	0,98	0,79
	90°	0,60	0,73	0,76	0,73	0,60

Primorska Hrvatska		Orijentacija				
		Zapad	Jugozapad	Jug	Jugoistok	Istok
		Faktor nagiba $f_{tilt}$ [-]				
kut	0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	30°	0,93	1,09	1,15	1,09	0,93
	45°	0,87	1,06	1,13	1,06	0,87
	60°	0,79	0,99	1,06	0,99	0,79
	90°	0,59	0,74	0,77	0,74	0,59

I, za kraj, trebamo paziti na ispravnu ugradnju modula vezano za ventiliranje. Učin modula ovisi o njegovoj temperaturi; što je veća temperatura modula, to je njegov učin manji. Stoga je nužno osigurati dobro ventiliranje modula, odnosno odvođenje topline, kako bi FN elektrana radila na svom maksimumu.

Nemoguće je nabrojati i opisati sve čimbenike na koje treba obratiti pažnju pri projektiranju tehničkih sustava. Namjena ovoga malenog pregleda jest podsjetnik svim projektantima da je pri odabiru energetskog koncepta, te

kasnije pri izradi i razradi projektne dokumentacije zaista potrebno sagledati zgradu u cjelini i pokušati predvidjeti navike budućih korisnika zgrade, poštujući pritom sva pravila struke, kao i odgovarajuću zakonsku regulativu.

Projektanti tehničkih sustava moraju biti uključeni u izradu projektne dokumentacije u što ranijoj fazi, poželjno je već pri definiranju projektnog zadatka. Temelj današnjeg projektiranja mora biti integralni pristup kako bismo osigurali kvalitetan projekt uz što nižu cijenu investicije i izbjegli naknadna kompromisna rješenja kojima ćemo zadovoljiti zakonsku regulativu, ali vrlo često nauštrb pravila struke i tehničke logike, a nerijetko i uz nepotrebno veću cijenu investicije.

#### 4.1.3. INTEGRALNI PRISTUP

Prvi propisi o toplinskoj zaštiti zgrada iz 1970.-ih godina ograničavali su koeficijente prolaska topline građevnih dijelova ovisno o klimatskoj zoni (*Pravilnik o tehničkim mjerama i uvjetima za toplinsku zaštitu zgrada – Službeni list SFRJ 35/70 i JUS U.J5.600: Toplinska tehnika u građevinarstvu i tehnički uvjeti za projektiranje i građenje zgrada, 1980. g.*). Građevni dijelovi morali su se izvoditi minimalnim debljinama toplinske izolacije, a ostala ograničenja nisu postojala.

Od 1987. godine definiraju se zahtjevi u pogledu toplinske zaštite koji promatraju i zgradu u cjelini (*JUS U.J5.600: Toplinska tehnika u građevinarstvu i tehnički uvjeti za projektiranje i građenje zgrada, 1987. g, Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05, 155/05, 74/06) i Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08, 89/09)*). Pooštravanjem zahtjeva na građevne dijelove kao i zgradu u cjelini, zgrade se počinju projektirati prema energetske konceptima, vodeći računa o arhitektonskom oblikovanju kako bi se smanjila potrebna energija.

Zahtjevi Tehničkog propisa ispunjavali su se ponajprije arhitektonsko-građevinskim karakteristikama zgrade – građevni dijelovi s dovoljnim debljinama toplinske izolacije, kompaktni oblici zgrada i iskorištavanje solarnih dobitaka. Zgrade koje su znatno odstupale od načela energetske učinkovitog oblikovanja teže su mogle zadovoljiti zahtjeve maksimalne dopuštene energije za grijanje. Termotehnički sustavi grijanja i pripreme potrošne tople vode većinom su bili kotlovi na fosilna goriva, uz vrlo malo korištenje obnovljivih energenata. Vrlo malo zahtjeva bilo je postavljeno prema termotehničkim sustavima. Glavni zahtjevi odnosili su se na obavezno toplinsko izoliranje cjevovoda tople i vrela vode, na zabranu korištenja sustava elektrootpornog grijanja i na zabranu ugradnje ogrjevnih tijela ispred prozirnih vanjskih površina bez dodatne stražnje obloge. Također se propisivala ugradnja elemenata za regulaciju topline za prostorije veće od 6 m<sup>2</sup> te obavezno korištenje rekuperatora u sustavima mehaničke ventilacije ako protok vanjskog zraka prelazi ukupno 2500 m<sup>3</sup>/h.

Od 2015. godine (*Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18)*) u izračun energetske svojstva zgrade uvodi se izračun primarne energije i udjela obnovljivih izvora energije kao bitniji zahtjev negoli potrebna energija za grijanje. Primjenom suvremenih termotehničkih sustava većih učinkovitosti sustava baziranim na obnovljivim izvorima energije, potrošnja primarne energije i udio obnovljivih izvora energije znatno variraju, ovisno o odabiru termotehničkog sustava i energenta, stoga i zgrade s većom potrošnjom energije za grijanje pravilnim odabirom sustava i energenta mogu postići vrlo nisku potrošnju primarne energije. Na taj način gotovo nula energetske zgrade ostavljaju veliku slobodu u arhitektonskom oblikovanju.

Iako u oblikovanju nije nužno strogo pridržavanje načela energetske učinkovitog projektiranja kako bi se postigla niska potrošnja primarne energije, potrebno je uzeti u obzir znatan porast količine termotehničkih sustava unutar zgrada, kao i uređaje koji ih prate u vanjskom prostoru oko zgrade.

Energetski koncept zgrade je ključan, a možda i presudan čimbenik u današnjem projektiranju i gradnji zgrada. Energetski koncept ne može i ne smije biti proizvoljno određen od strane jednog projektanta, bez prethodnog detaljnijeg sagledavanja cjelokupne buduće zgrade, želja i potreba investitora ili budućih korisnika, tehničkih mogućnosti i nemogućnosti, dostupnosti energenata, predviđene buduće potrošnje energenata, te tržišne zastupljenosti i cijene glavnih komponenata tehničkih sustava, kao i, naravno, zakonske regulative.

Određivanje energetskog koncepta mora biti rezultat timskog rada relevantnih projekatana i njihove suradnje s investitorom s ciljem definiranja što kvalitetnijeg rješenja. Katkad su potrebna dodatna ispitivanja koja treba provesti prije krajnje odluke o konceptu, npr. ispitivanja količine podzemnih voda ako želimo koristiti geotermalnu dizalicu topline (otvoreni krug).

**Zajednička suradnja investitora i cjelokupnoga projektnog tima nužna je od najranije faze projektiranja. Dodatno treba naglasiti da suradnja ne prestaje definiranjem idejnoga rješenja, već se nastavlja tijekom cijeloga procesa projektiranja i gradnje kako bi rezultat bila što kvalitetnija zgrada.**

Izrada projekta ne bi trebala funkcionirati na način da jedan član projektnog tima ne akceptira probleme s kojima se susreću ostali, posebice ako su problemi nastali upravo zbog neadekvatnih odluka i/ili nepopustljivih stajališta pojedinih članova tima. Tako, primjerice, dobar odabir tehničkih sustava omogućava već spomenutu veću slobodu pri arhitektonskom oblikovanju, ali tu slobodu ne treba shvatiti bezgranično. Visoke energetske potrebe zgrade morat će u tom slučaju biti kompenzirane vrlo učinkovitim, a time i vrlo skupim i kompliciranim tehničkim sustavima, što je u mnogim situacijama posve neopravdano.

Ovisno o odabranom rješenju, u zgradi je potrebno osigurati različite prostore za smještaj opreme, odnosno komponenata tehničkih sustava. Za određena tehnička rješenja katkad je potrebno ili znatno više prostora nego što je to trebalo prije primjenom konvencionalnih rješenja ili čak trebamo neke potpuno nove prostore. Moguće je da odabrani koncept ima vrlo specifične zahtjeve koje je naknadno teško ispuniti, pa će konačna rješenja biti posljedica loših kompromisa na štetu investitora i krajnjih korisnika.

Kako bismo ove tvrdnje pojasnili, navodimo samo neke primjere u ilustrativnu svrhu.

Niskotemperaturni sustav grijanja učinkovitiji je od visokotemperaturnog (zbog manjih gubitaka). Dodatno je važan pri korištenju kondenzacijskih kotlova i bojlera kako bismo zaista u stvarnosti iskoristili efekte kondenzacije, a ne da to bude samo na papiru. Učinkovitost kondenzacijskih bojlera najbolja je pri niskim temperaturama povratnog voda ogrjevnice vode, a to podrazumijeva niskotemperaturni sustav. Pritom ne smijemo zaboraviti da to znači i znatno veće potrebne površine radijatora, za koje unaprijed treba predvidjeti dovoljno mjesta, kao i adekvatno toplinski izoliranu ovojnici i eventualno kvalitetnije ostakljenje.

Premale kotlovnice, strojarnice i toplinske stanice otežat će ugradnju potrebne opreme, te budući servis i održavanje, što će rezultirati višom cijenom ugradnje i održavanja. Projektant će možda predvidjeti manje spremnike, no to će se nepovoljno odraziti na ukupnu učinkovitost sustava. Ili će spremnici biti horizontalne, a ne vertikalne izvedbe, čime se također smanjuje njihova učinkovitost. Energetski spremnici i/ili spremnici ogrjevnice vode neophodni su nam u sustavima sa solarnim kolektorima, a vrlo korisni u većini ostalih sustava poput dizalica topline, kotlova na biomasu i slično.

Pri korištenju dizalica topline postoje također mnogi zahtjevi. Kod dizalica topline zrak-zrak (popularno split/multi split i pvrst sustavi) potrebno je odrediti odgovarajuće mjesto za smještaj vanjskih jedinica. Za te sustave proizvođači deklariraju maksimalne udaljenosti između vanjskih i unutarnjih jedinica, a to se odnosi na maksimalnu dužinu



spojnog cjevovoda i maksimalnu visinsku razliku. Dizalice topline zrak-voda nerijetko u svom radu proizvode buku veću od dopuštene, pa je potrebno pomno odrediti mjesto za njihovu ugradnju i eventualno predvidjeti sustav zaštite od buke. Kod dizalica topline voda-voda neophodna je ugradnja rashladnih tornjeva ili suhih hladnjaka (engl. *dry cooler*) koji zahtijevaju relativno puno slobodnog mjesta na krovu zgrade ili u neposrednoj okolini. Za geotermalne dizalice topline koje rade u zatvorenom krugu potrebno je napraviti duboke bušotine (kod vertikalnog sustava), čemu prethode geomehanička ispitivanja, a kod horizontalnoga kolektorskog sustava potrebno je imati na raspolaganju veliku slobodnu površinu parcele, koja tada ima i ograničenja u uređenju okoliša (sadnja drveća).

Sustav mehaničke ventilacije s iskorištavanjem otpadne topline, posebice ako se radi o većem centralnom sustavu, zahtijeva veliku površinu za potrebe smještaja opreme (klima komore, ventilatori...) u strojarnicama te dovoljno prostora za ugradnju kanala za distribuciju i odsis zraka. U ovim sustavima također obvezno ugrađujemo prigušivače buke kako bismo spriječili prenošenje buke ventilatora u prostore, a ako koristimo centralne sustave, možda ćemo morati ugraditi i prostorne prigušivače buke kako bismo spriječili prenošenje zvukova (razgovora) između susjednih prostorija. Svi ti prigušivači zahtijevaju prostor za ugradnju.

Ne treba zaboraviti ni sustave automatske regulacije. Sustav automatske regulacije neizostavan je dio pojedinih tehničkih sustava koji osigurava funkcioniranje sustava. Regulacija osigurava tražene uvjete u prostoru s ciljem povećanja udobnosti, uz smanjenje potrošnje i troškova. Međutim, kako kod nas nije uobičajena izrada zasebnog projekta automatske regulacije, tako se dijelovi projekta sustava automatske regulacije nalaze u strojarskom i elektrotehničkom dijelu projekta. Projektni se tim tako susreće s nepotrebnim problemima vezanim za jasne nadležnosti, obuhvat posla i usklađivanje dijelova projekata.

Ovdje su navedeni samo neki primjeri jer je nemoguće je navesti sve izazove s kojima se projektni tim susreće na dnevnoj bazi pri izradi različitih projekata.

#### 4.1.4. ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE

Iskaznica energetskih svojstava zgrade (u daljnjem tekstu Iskaznica) jest osnovni dokument kojim dokazujemo ispunjavanje zahtjeva za gotovo nula energetska zgradu. Iskaznica je zaseban dokument koji se obvezno prilaže uz glavni projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite.

Podaci koji se unose u Iskaznicu rezultat su zajedničkog rada inženjera različitih struka.

Iskaznicu potpisuju i ovjeravaju svojim pečatom:

- projektant dijela glavnog projekta zgrade koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu
- projektant dijela glavnog projekta zgrade u dijelu koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u projektima strojarske struke
- projektant dijela glavnog projekta zgrade u dijelu koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u projektima elektrotehničke struke
- glavni projektant

Tablica 23. Iskaznica energetskih svojstava zgrade – Obrazac 1, list 2 (na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj – varijanta 1)

4. POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	6.505,87

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	62,80	41,97
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	3461,52	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	50,00	22,33
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
	0,50	0,39
Projektant dijela glavnog projekta zgrade koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu (potpis i žig) u pogledu svojstava građevnih dijelova zgrade - <i>za podatke iz poglavlja 4.</i>	<i>Potpis</i>	

Tablica 24. Iskaznica energetske svojstava zgrade – Obrazac 1, list 3 (na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj – varijanta 1)

5. ELEKTRIČNA ENERGIJA	
Godišnja potrebna električna energija za rasvjetu $E_L$ [kWh/a]	0,00
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade [kWh/a] $E_{EL,RES}$	3185,75
Projektant dijela glavnog projekta zgrade koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu (potpis i žig) u pogledu svojstava elektroenergetskog sustava - <i>za podatke iz poglavlja 5.</i>	<i>Potpis</i>

Tablica 25. Iskaznica energetske svojstava zgrade – Obrazac 1, list 4 (na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj – varijanta 1)

6. ENERGIJA ZA TERMOTEHNIČKE SUSTAVE	
Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV $E_{HW,del}$ [kWh/a]	9635,74
Godišnja isporučena energija za hlađenje $E_{C,del}$ [kWh/a]	0,00
Godišnja pomoćna energija za rad termotehničkih sustava $W$ [kWh/a]	100,40
Godišnja primarna energija za rad termotehničkih sustava [kWh/a]	5571,37

7. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE		
POTREBNO ZA OSTVARENJE UVJETA	OSTVARENO %	ISPUNJENO (DA/NE)
Najmanje 20% ukupne isporučene energije za rad sustava u zgradi podmireno energijom iz obnovljivih izvora energije	32,72	DA
Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji za rad termotehničkih sustava	Najmanje 25% iz sunčeva zračenja	
	Najmanje 30% iz plinovite biomase	
	Najmanje 50% iz čvrste biomase	
	Najmanje 70% iz geotermalne energije	
	Najmanje 50% iz topline okoline	
Najmanje 50% iz kogeneracijskog postrojenja s visokom učinkovitošću		
Najmanje 50% energetske potrebe zgrade podmireno iz daljinskog grijanja prema članku 42. stavak 2.		
Potrebna godišnja toplinska energija najmanje 20% niža od dozvoljene godišnje potrebne energije za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ Najmanje 4 m <sup>2</sup> ugrađenih sunčanih kolektora (vrijedi iznimno za obiteljske kuće) Projektant dijela glavnog projekta zgrade koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu (potpis i žig) u pogledu svojstava termotehničkih sustava - za podatke iz poglavlja 6. i 7.		<i>Potpis</i>

Tablica 26. Iskaznica energetske svojstava zgrade – Obrazac 1, list 5 (na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj – varijanta 1)

8. ENERGETSKO SVOJSTVO ZGRADE		
Godišnja isporučena energija $E_{del}$ [kWh/a]	6550,39	
Godišnja primarna energija $E_{prim}$ [kWh/a]	5571,37	
Godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $E_{prim}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	45,00	35,94
Upisati "nZEB" ako energetske svojstvo zgrade ( $E_{prim}$ ) i udio obnovljivih izvora energije zadovoljavaju zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije	<b>nZEB</b>	
Projektant dijela glavnog projekta zgrade koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu (potpis i žig) - za podatke iz poglavlja 1., 2., 3., i 8.	<i>Potpis</i>	

Glavni projektant zgrade (potpis i žig)	<i>Potpis</i>
Datum i mjesto	

#### 4.2. ISPITIVANJE ZRAKOPROPUSNOSTI

Za zgrade gotovo nulte energije obvezno je ispitivanje zahtjeva zrakopropusnosti (engl. *Blower-door test*) koje se provodi prema propisanoj normi prije tehničkog pregleda zgrade.

Provjera zrakonepropusnosti dokazuje se ispitivanjem prema HRN EN ISO 9972:2015, metoda određivanja A , prije tehničkog pregleda zgrade. Prilikom ispitivanja zrakonepropusnosti, za razliku tlakova između unutarnjeg i vanjskog zraka od 50 Pa, izmjereni protok zraka, sveden na obujam unutarnjeg zraka, ne smije biti veći od vrijednosti  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$  kod zona s mehaničkim uređajem za ventilaciju, odnosno  $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$  kod zona s prirodnim provjetrovanjem.

Ispitivanje se obavlja testom „*Blower-door*“, a mjesta eventualnog propuštanja zraka određuju se termografskim snimanjem, anemometrom ili metodom suhog dima. Ispitivanje se provodi u dvije etape – prva nakon zatvaranja ovojnice i žbukanja zidanih zidova, a druga nakon završetka zgrade. Ispitivanje se ponavlja nakon brtvljenja eventualnih mjesta propuštanja zraka dok se ne zadovolji vrijednost  $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$  kod zona s mehaničkim uređajem za ventilaciju, odnosno  $n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$  kod zona s prirodnim provjetrovanjem.

Za stambene zgrade koje imaju više od jednog stana zahtjev o zrakopropusnosti mora biti ispunjen za svaki stan.

#### 4.3. POTVRĐIVANJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE (CERTIFICIRANJE)

Energetsko svojstvo zgrade jest izračunata količina energije potrebne za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu prilikom karakteristične uporabe zgrade. Energetska svojstva zgrade potvrđuju se energetske pregledom zgrade sukladno Pravilniku o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju (NN 88/2017) i propisanoj Metodologiji provođenja energetske pregleda zgrade. Energetski pregled zgrade provodi se prije izdavanja energetske certifikata.

Energetsko certificiranje nove zgrade uključuje potrebne proračune za referentne klimatske podatke za iskazivanje specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, specifične godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje, specifične godišnje isporučene energije, specifične godišnje primarne energije, specifične godišnje emisije CO<sub>2</sub>, određivanje energetske razreda zgrade i izradu energetske certifikata. Energetski certifikat nove zgrade izdaje se na temelju podataka iz glavnog projekta u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu zgrade, pisane izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja zgrade, vizualnog pregleda zgrade i završnog izvješća nadzornog inženjera o izvedbi, ako je postojala obveza njegove izrade.

Za slučaj da nova zgrada nije izgrađena u skladu s glavnim projektom u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu zgrade ili da su eventualne izmjene tijekom gradnje u odnosu na taj projekt od utjecaja na energetsko svojstvo zgrade, ili pak da na temelju podataka iz dokumentacije nije moguće proračunati potrebnu godišnju specifičnu toplinsku energiju za grijanje i hlađenje ili klimatizaciju zgrade za referentne klimatske podatke, odnosno odrediti energetski razred zgrade i izraditi energetski certifikat - tada se provodi postupak energetske pregleda.

U slučaju da energetska svojstva zgrade zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim Tehničkim propisom, na prvu stranicu energetske certifikata upisuje se oznaka nZEB.

Energetski certifikat izrađuje se temeljem proračuna energetske svojstva zgrade za referentne klimatske podatke za kontinentalnu ili primorsku Hrvatsku. Stoga se proračun proveden u glavnom projektu može razlikovati od proračuna provedenog za potrebe energetske certifikata, što ovisi o lokaciji zgrade, odnosno o mjerodavnoj meteorološkoj postaji.

U obrazac Energetske certifikata upisuje se „nZEB“ ako energetska svojstva zgrade zadovoljava uvjete za gotovo nula energetska zgrada na osnovi proračuna provedenog za stvarne klimatske uvjete (ne za referentne).

Energetski certifikat izrađuje se elektronički i ispisuje isključivo putem Informatičkog sustava energetske certifikata (IEC).

## 5. PRIMJERI DOBRE PRAKSE

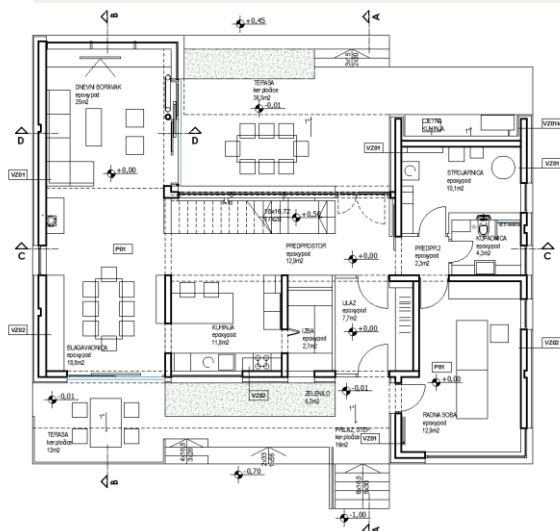
### 5.1. OBITELJSKA KUĆA

Obiteljska kuća blizu Samobora

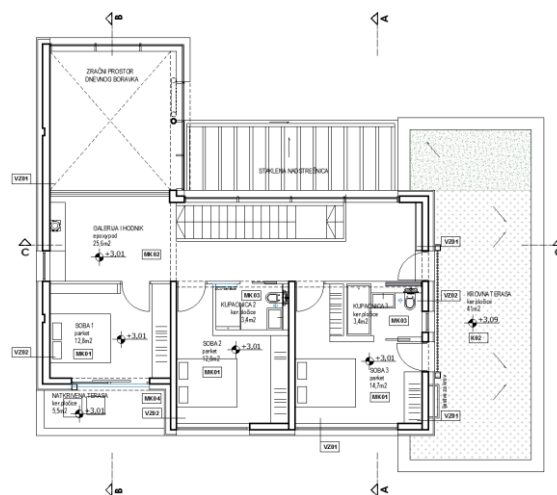
Projektant: Tatjana Liktar Elez

Godina izgradnje: 2018.

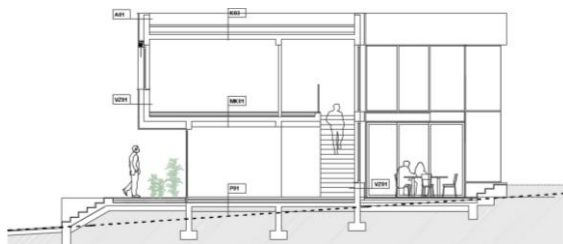
#### ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKE KARAKTERISTIKE ZGRADE



Tlocrt prizemlja



Tlocrt kata



Presjek

#### Geometrijske karakteristike zgrade

Katnost	P+1			
Grijana korisna površina, $A_k$	208	$m^2$		
Volumen grijanog prostora, $V_e$	869	$m^3$		
Faktor oblika, $f_o$	0,80	$m^{-1}$		
Orijentacija otvora	Jugoistok	Jugozapad	Sjeveroistok	Sjeverozapad
	49,52 $m^2$	4,93 $m^2$	37,04 $m^2$	54,92 $m^2$

Meteorološka postaja Samobor

#### Građevinske i tehničke karakteristike

Sastav konstrukcija	Armiranobetonski zidovi i zidovi od opeke sa 16 cm toplinske izolacije; pod na tlu s 10 cm toplinske izolacije; ravan krov s 20 cm toplinske izolacije; AL prozori ostakljeni s trostrukim IZO staklom (zaštita od sunca roletama na jugu i unutarnjim zavjesama na sjeveru)
Ventilacija	Svi prostori prirodno provjetravani

#### Rezultati

			Dopušteno
Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	55,08	$kWh/(m^2 \cdot a)$	max 64,85 $kWh/(m^2 \cdot a)$
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	36,40	$kWh/(m^2 \cdot a)$	max 50,00 $kWh/(m^2 \cdot a)$

## PRIMJERI DOBRE PRAKSE: OBITELJSKA KUĆA

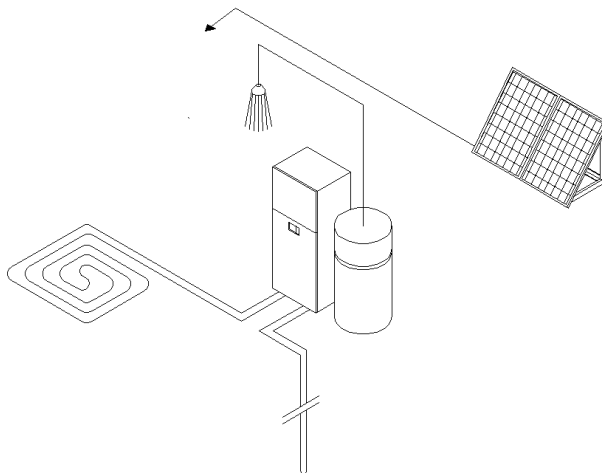
Obiteljska kuća blizu Samobora

Projektant: Tatjana Liktar Elez

Godina projekta: 2018.

### TERMOTEHNIČKI SUSTAVI

#### DIZALICA TOPLINE VODA-VODA U KOMBINACIJI S FOTONAPONSKIM PANELIMA



<b>Termotehnički sustav</b>	Dizalica topline voda-voda s fotonaponskim panelima
Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	Dizalica topline efikasnosti $\eta=5,00$ za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Podno grijanje
Fotonaponski sustav	Solarna elektrana snage 10 kW

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	3 375 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja pomoćna energija za rad termotehničkih sustava, $W$	1 206 kWh/a
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja proizvedena električna energija iz OIE na lokaciji zgrade $E_{L,RES}$	11 200 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	- 6 619 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	- 10 683 kWh/a

#### Zahtjev za nZEB

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	- 51,36 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 35,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	100 %	min 30 %

Komentar:

Temperature u tlu na dubinama ispod 2 metra tijekom godine imaju male varijacije u temperaturi, stoga dizalice topline koje koriste energiju tla ili podzemne vode ne trebaju pomoćne sustave grijanja (poput dizalica topline koje koriste energiju zraka). Fotonaponska elektrana u ovom je primjeru opcionalna. Ona spušta razinu potrošnje primarne energije i povećava udio obnovljivih izvora energije u isporučenoj energiji. Kombinacija fotonaponskih sustava i dizalica topline povoljna je jer je energent za sve sustave u zgradi električna energija.

## 5.2. VIŠESTAMBENA ZGRADA

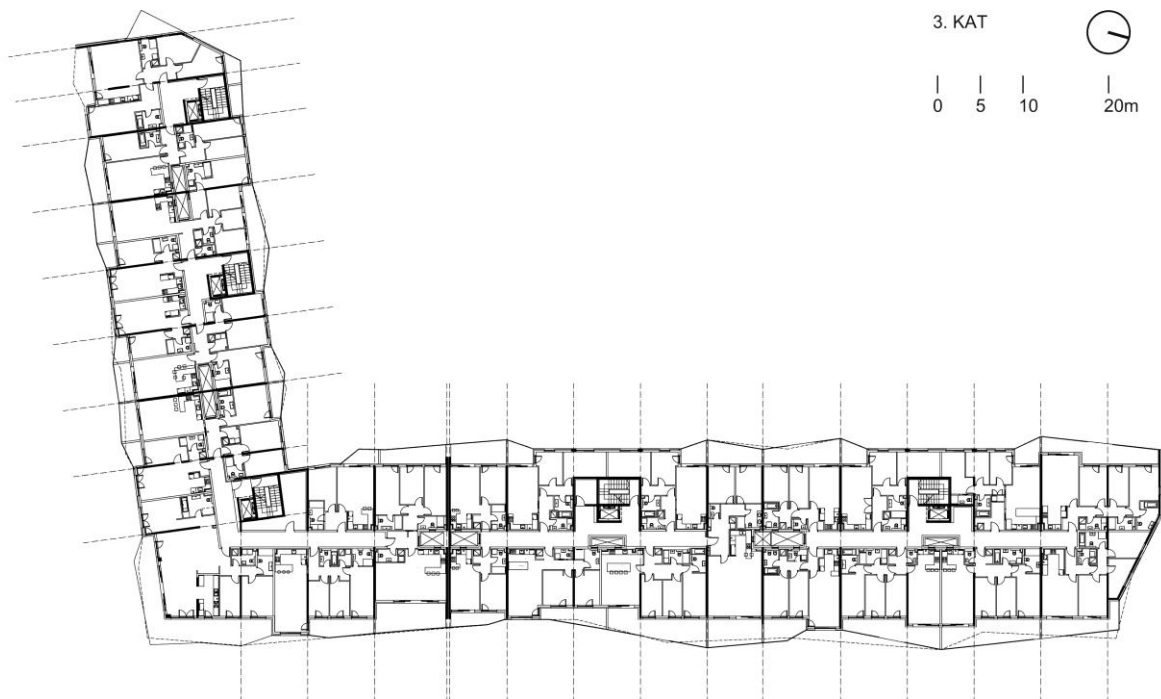
Višestambena zgrada u Zagrebu

Investitor: Alfa stan grupa d.o.o.

Projektanti: Svebor Andrijević i Luka Korlaet

Godina projekta: 2016.

Godina izgradnje: 2017. - 2018.



Tlocrt karakteristične etaže





## PRIMJERI DOBRE PRAKSE: VIŠESTAMBENA ZGRADA

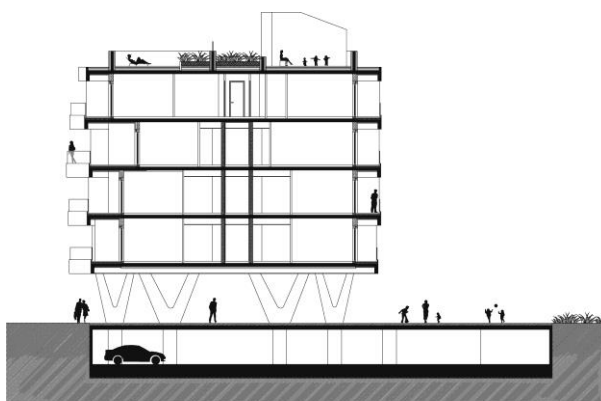
Višestambena zgrada u Zagrebu

Investitor: Alfa stan grupa d.o.o.

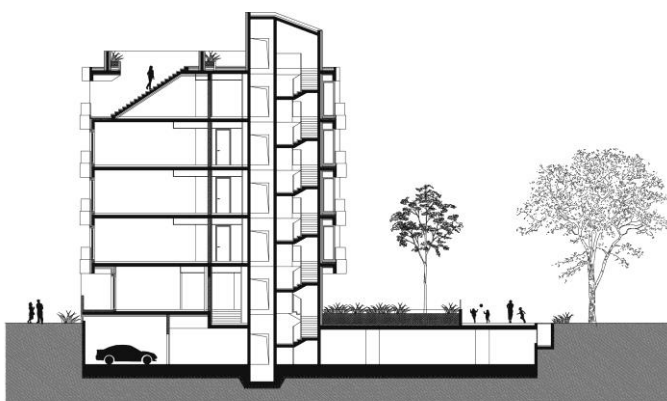
Projektanti: Svebor Andrijević i Luka Korlaet

Godina projekta: 2016.

Godina izgradnje: 2017. - 2018.



PRESJEK KROZ PASAŽ



PRESJEK KROZ STUBIŠTE

0 5 10 20m

### STAMBENA ZONA / ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKE KARAKTERISTIKE

#### Geometrijske karakteristike

Katnost	Po+Pr+4			
Grijana korisna površina, $A_k$	9 780 m <sup>2</sup>			
Volumen grijanog prostora, $V_e$	42 184 m <sup>3</sup>			
Faktor oblika, $f_o$	0,40 m <sup>-1</sup>			
Orijentacija otvora	Jug	Sjever	Istok	Zapad
	518,50 m <sup>2</sup>	300,20 m <sup>2</sup>	727,30 m <sup>2</sup>	719,60 m <sup>2</sup>

Meteorološka postaja Zagreb - Maksimir

#### Građevinske i tehničke karakteristike

Sastav konstrukcija Armiranobetonski zidovi i zidovi od opeke s 15 cm toplinske izolacije; pod iznad vanjskog prostora s 21 cm toplinske izolacije; ravan krov s 20 cm toplinske izolacije; prozori ostakljeni dvostrukim IZO staklom (zaštita od sunca roletama i istacima)

Ventilacija Prirodno provjetravanje; mehaničko provjetravanje sanitarija

#### Rezultati

		Dopušteno
Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	44,24 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 48,74 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	16,45 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)

## PRIMJERI DOBRE PRAKSE: VIŠESTAMBENA ZGRADA

Višestambena zgrada u Zagrebu

Investitor: Alfa stan grupa d.o.o.

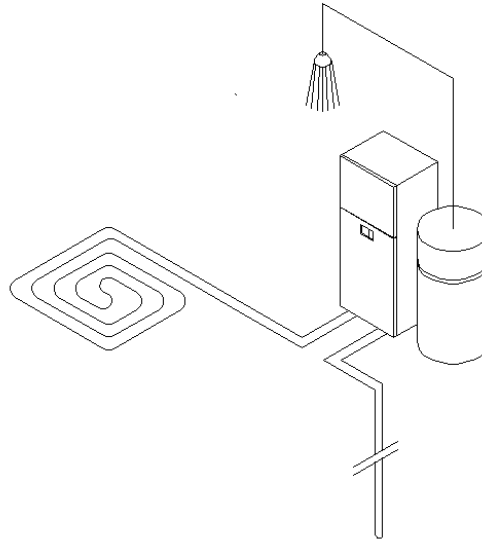
Projektanti: Svebor Andrijević i Luka Korlaet

Godina projekta: 2016.

Godina izgradnje: 2017. - 2018.

### STAMBENA ZONA / TERMOTEHNIČKI SISTAVI

#### DIZALICA TOPLINE



<b>Termotehnički sustav</b>	Dizalica topline voda-voda
Energenti	Električna energija
Proizvodnja topline	Dizalica topline voda-voda efikasnosti $\eta=5,00$ za grijanje i pripremu PTV
Predaja topline	Podno grijanje

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	100 866 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>
Godišnja pomoćna energija za rad termotehničkih sustava, $W$	39 072 kWh/a
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	<i>Ne računa se za stambene zgrade</i>

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	139 938 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	225 860 kWh/a

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	23,09 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 45,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	84 %	min 30 %

Komentar:

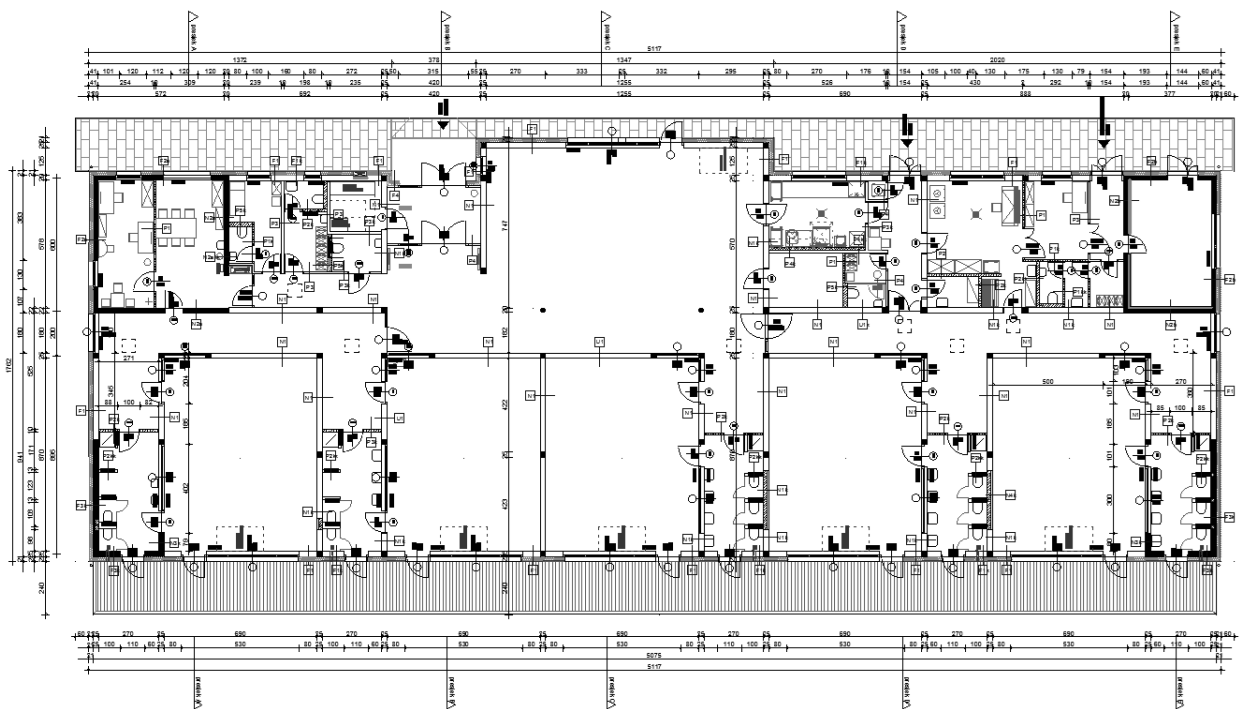
Temperature u tlu na velikim dubinama tijekom godine imaju male varijacije u temperaturi, stoga dizalice topline koje koriste energiju tla ili podzemne vode ne trebaju pomoćne sustave grijanja (poput dizalica topline koje koriste energiju zraka).

### 5.3. OBRAZOVNA ZGRADA

Područni dječji vrtić u Vrbovcu

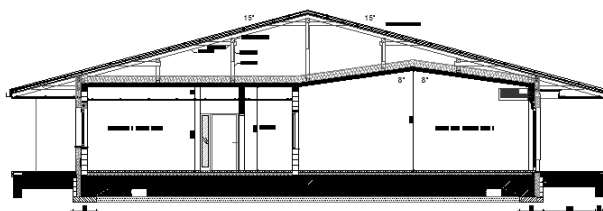
Projektant: Luka Jonjić

Godina projekta: 2018.

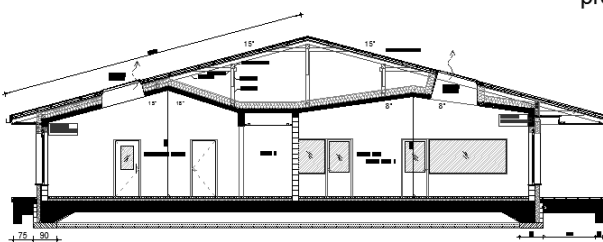


Tlocrt prizemlja

presjek A



presjek C



Poprečni presjeci

## ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKE KARAKTERISTIKE ZGRADE

### Geometrijske karakteristike zgrade

Katnost	P			
Grijana korisna površina, $A_k$	793,48	m <sup>2</sup>		
Volumen grijanog prostora, $V_e$	3680	m <sup>3</sup>		
Faktor oblika, $f_o$	0,67	m <sup>-1</sup>		
Orijentacija otvora	Jug	Sjever	Istok	Zapad
	16,10	15,40	54,16	47,94
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>

Meteorološka postaja Križevci

### Građevinske i tehničke karakteristike

Sastav konstrukcija	Armiranobetonski zidovi i zidovi od opeke s 18 cm toplinske izolacije; pod na tlu s 10 cm toplinske izolacije; strop prema tavanu s 25 cm toplinske izolacije; prozori ostakljeni s trostrukim IZO staklom (zaštita od sunca roletama i nadstrešnicom)
Ventilacija	Mehaničko provjetravanje skupnih soba s rekuperacijom $\eta=0,70$ ; mehaničko provjetravanje sanitarija; prirodno provjetravanje ostalih prostora

Rezultati	Dopušteno		
Specifična potrebna energija za grijanje, $Q''_{H,nd}$	47,79	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 31,04 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)*
Specifična potrebna energija za hlađenje, $Q''_{C,nd}$	9,57	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 50,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)

\* Ako je proračunata vrijednost godišnje primarne energije po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $E_{prim}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] za zgradu niža za najmanje 20% od najvećih dopuštenih vrijednosti iz Tablice 8. iz Priloga B Tehničkog propisa, smatra se da su ispunjeni uvjeti za godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade,  $Q''_{H,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] i za godišnju potrebnu toplinsku energiju za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade  $Q''_{C,nd}$  [kWh/(m<sup>2</sup>·a)] propisane Tehničkim propisom.

## PRIMJERI DOBRE PRAKSE: OBRAZOVNA ZGRADA

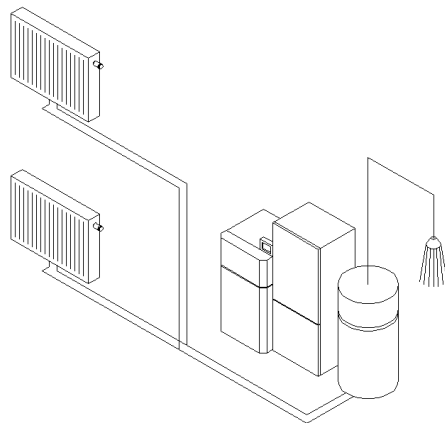
Područni dječji vrtić u Vrbovcu

Projektant: Luka Jonjić

Godina projekta: 2018.

### TERMOTEHNIČKI SUSTAVI

#### DIZALICA TOPLINE ZRAK-VODA POTPOMOĞNUTA PLINSKIM KONDENZACIJSKIM KOTLOM



<b>Termotehnički sustav</b>	Dizalica topline zrak-voda (i plinski kondenzacijski kotao)
Energenti	Električna energija (i prirodni plin)
Proizvodnja topline	Dizalica topline efikasnosti $\eta=3,49$ za grijanje i pripremu PTV (potpomognuta plinskim kondenzacijskim kotlom)
Predaja topline	Radijatori

#### Isporučena energija po sustavima

Godišnja isporučena energija za grijanje i PTV, $E_{HW,DEL}$	21 419 kWh/a
Godišnja isporučena energija za hlađenje, $E_{C,DEL}$	<i>Ne računa se za obrazovne zgrade</i>
Godišnja pomoćna energija za rad termotehničkih sustava, $W$	1 115 kWh/a
Godišnja isporučena energija za rasvjetu, $E_L$	6 656 kWh/a

#### Energetsko svojstvo zgrade

Godišnja isporučena energija, $E_{del}$	21 419 kWh/a
Godišnja primarna energija, $E_{prim}$	34 570 kWh/a

Zahtjev za nZEB	Izračunato	Dopušteno
Specifična godišnja primarna energija, $E_{prim}/A_k$	43,57 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	max 55,00 kWh/(m <sup>2</sup> ·a)
Udio obnovljivih izvora energije, $\gamma_{ren}$	61,34 %	min 30 %

#### Komentar:

Dizalice topline koje koriste energiju zraka pri vrlo niskim temperaturama zraka imaju malu efikasnost. U tim periodima proizvodnju topline preuzima rezervni sustav koji najčešće koristi neki fosilni energent. Temperatura na kojoj se uključuje rezervni sustav jest -5 °C. Budući da je tijekom radnog vremena broj sati hladnijih od -5 °C vrlo malen, sekundarni sustav također radi zanemarivi dio vremena, ali je nužan kako bi zgrada mogla funkcionirati.

U skupnim sobama s velikim brojem djece potrebna je mehanička ventilacija s povratom topline. Osjetnici CO<sub>2</sub> uključuju ventilaciju samo kada je potrebno. Prirodno provjetranje predstavljalo bi prevelik gubitak topline, a mjerenja kvalitete zraka u obrazovnim zgradama pokazala su da je uslijed prirodnog provjetranja kvaliteta zraka nezadovoljavajuća. Mehanička ventilacija koristi se samo tijekom zime i najtoplijih ljetnih dana, a ostatak godine skupne sobe provjetravaju se prirodno.

## 6. ZAKLJUČAK

Direktivom o energetske učinkovitosti zgrada zahtijeva se od država članica da uspostave minimalne zahtjeve za energetske učinkovitost novih zgrada i postojećih zgrada koje se podvrgavaju značajnoj obnovi. U skladu s tim minimalnim zahtjevima iz Direktive utvrđen je jasan zahtjev da sve nove zgrade moraju do kraja desetljeća imati približno nulte ili vrlo niske energetske potrebe i ispunjavati uvjete za zgrade približno nulte energije (nZEB). U Hrvatskoj su ti zahtjevi definirani u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

Zgrade gotovo nulte energije temeljene su na zajedništvu korištenja obnovljivih izvora energija i poduzetih mjera učinkovitosti. Za postizanje propisanih zahtjeva potreban je koordiniran integralni pristup svih struka koje sudjeluju u projektiranju zgrade (projektanata arhitekture, fizike zgrade, termotehničkih sustava i elektroinstalacija) već od koncepta i idejnog projekta zgrade pa sve do izvedbenog projekta i kontrole izvedbe. Za postizanje konačne kvalitete izuzetno je važna stručna i kvalitetna izvedba zgrade.

Zgradu je poželjno projektirati na način da njezine energetske potrebe budu što niže. Ne postoje univerzalna rješenja za postizanje nZEB standarda. Svaku zgradu treba detaljno sagledati i pokušati odrediti optimalan energetske koncept. Kvalitetno optimiran energetske koncept uključuje dobro izbalansirane, ali ne i predimenzionirane debljine toplinske izolacije, kao i termotehničke sustave, uz obveznu primjenu obnovljivih izvora energije.

Određivanje energetske koncepta mora biti rezultat timskog rada relevantnih projektanata i njihove suradnje s investitorom s ciljem definiranja što kvalitetnijeg rješenja. Stoga je zajednička suradnja investitora i cjelokupnoga projektnog tima nužna od najranije faze projektiranja. Dodatno treba naglasiti da suradnja ne prestaje definiranjem krajnjeg rješenja, već se nastavlja tijekom cijelog procesa projektiranja i gradnje kako bi rezultat bila što kvalitetnija zgrada.

Kvalitetno optimiran energetske koncept omogućava nisku potrošnju energije i korištenje energije iz obnovljivih izvora uz što nižu cijenu investicije, te rezultira troškovno optimalnim rješenjem koje zadovoljava nZEB standard.

**Algoritam za izračun energijskih svojstava zgrada (u tekstu: Algoritam)**

Sastavni dio Metodologije, objavljen na internetskim stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja ([www.mgipu.hr](http://www.mgipu.hr)), koji propisuje način proračuna svih potrebnih vrijednosti za izračun energetske svojstva zgrade i izrade energetske certifikata.

**Broj izmjena zraka,  $n$  [ $h^{-1}$ ]**

Broj izmjena unutarnjeg zraka zgrade s vanjskim zrakom u jednom satu.

**Daljinsko grijanje ili daljinsko hlađenje**

Sustav koji se sastoji od centralnog izvora za proizvodnju energije, razvoda toplinske ili rashladne energije u obliku vode ili pare te toplinskih podstanica u više međusobno udaljenih zgrada na različitim lokacijama radi korištenja za grijanje, ili hlađenje prostora ili tehnoloških procesa ili pripremu potrošne tople vode. Toplinska podstanica jest sklop uređaja i opreme potrebne za preuzimanje i mjerenje toplinske ili rashladne energije na lokaciji zgrade.

**Dio zgrade**

Tehnički sustav zgrade ili dio ovojnice zgrade (npr. zid, pod, krov, građevinski otvor i dr.).

**Dizalica topline**

Uređaj koji prenosi toplinu iz toplinskog spremnika niže temperaturne razine prema toplinskom spremniku više temperaturne razine. Toplinski spremnik može biti zrak, voda ili tlo. Kod reverzibilnih dizalica topline toplina se također može prenositi iz zgrade u prirodno okruženje.

**Efektivna nazivna snaga**

Najveća kalorijska vrijednost izražena u kW koju proizvođač navede i za koju potvrđuje da se može isporučiti tijekom neprekidnog rada uz istovremeno održavanje korisne učinkovitosti koju je proizvođač naznačio.

**Energetski pregled zgrade**

Sustavan postupak za stjecanje odgovarajućeg znanja o postojećoj potrošnji energije i energetske svojstvima zgrade ili skupine zgrada koje imaju zajedničke energetske sustave, za utvrđivanje i određivanje isplativosti primjene mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti te izradu izvješća o energetske pregledu zgrade s prikupljenim informacijama i predloženim mjerama, a obavlja ga ovlaštena osoba.

**Energetski pregled nove zgrade**

Sustavan postupak koji obuhvaća pregled projektne dokumentacije glavnog projekta, uvid u završno izvješće nadzornog inženjera, uvid u izjavu izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine, vizualni pregled zgrade, te izradu izvješća o energetske pregledu prema Metodologiji, a obavlja ga ovlaštena osoba.

**Energetski razred zgrade je pokazatelj:**

- specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za referentne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i režim rada tehničkih sustava,
- specifične godišnje primarne energije za referentne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i režim rada tehničkih sustava, koja kod stambenih zgrada obuhvaća energiju za grijanje, pripremu potrošne tople vode i ventilaciju/klimatizaciju (ventilacija/klimatizacija se uzima u obzir ukoliko postoji i to samo kroz grijanje), a kod nestambenih zgrada obuhvaća energiju za rasvjetu i energije onih termotehničkih sustava naznačenih u Metodologiji u Tablici 5.18 (Definirani tehnički sustavi za proračun do primarne energije za referentne klimatske podatke za pojedine vrste zgrada) za pojedinu vrstu nestambene zgrade (uredske zgrade, zgrade za obrazovanje, bolnice, hoteli i restorani, sportske dvorane, zgrade trgovine, ostale nestambene zgrade).

**Energetsko svojstvo zgrade**

Izračunata količina energije potrebne za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu prilikom karakteristične uporabe zgrade. Energetsko svojstvo zgrade se izražava preko specifične godišnje primarne energije za referentne klimatske podatke i Algoritmom propisan režim korištenja prostora i režim rada tehničkih sustava.

**Energija iz obnovljivih izvora**

Energija iz obnovljivih nefosilnih izvora, tj. energija vjetra, sunčeva energija, aerotermalna, geotermalna, hidrotermalna energija i energija mora, hidroenergija, biomasa, deponijski plin, plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i bioplinovi.

**Europska norma**

Norma koju je prihvatio Europski odbor za normizaciju, Europski odbor za elektrotehničku normizaciju ili Europski institut za telekomunikacijske norme te koja je dostupna za javnu uporabu.

**Faktor oblika zgrade,  $f_0 = A/V_e$  [ $m^{-1}$ ]**

Količnik oplošja,  $A$  ( $m^2$ ), i obujma,  $V_e$  ( $m^3$ ), grijanog dijela zgrade.

**Faktor umanjenja naprave za zaštitu od sunčeva zračenja,  $F_c$  [-]**

Količnik između prosječne sunčeve energije koja dospije u zgradu kroz prozor s napravom za zaštitu od sunčeva zračenja i sunčeve energije koja bi dospjela u zgradu kroz prozor bez te naprave.

**Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje,  $Q_{H,nd}$  [kWh/a]**

Računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade.

**Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje,  $Q_{C,nd}$  [kWh/a]**

Računski određena količina topline koju sustavom hlađenja treba tijekom jedne godine odvesti iz zgrade za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja hlađenja zgrade.

**Gradnja**

Projektiranje i građenje građevina te stručni nadzor građenja.

**Građenje**

Izvedba građevinskih i drugih radova (pripremni, zemljani, konstruktorski, instalaterski, završni te ugradnja građevnih proizvoda, opreme ili postrojenja) kojima se gradi nova građevina, rekonstruira, održava ili uklanja postojeća građevina.

**Građevina**

Građenjem nastao i s tlom povezan sklop, izveden od svrhovito povezanih građevnih proizvoda sa ili bez instalacija, sklop s ugrađenim postrojenjem, samostalno postrojenje povezano s tlom ili sklop nastao građenjem.

**Grijana prostorija**

Prostorija s unutarnjom projektnom temperaturom višom od 12 °C, koja se grije neposredno ogrjevnim tijelima ili posredno zbog prostorne povezanosti s neposredno grijanim prostorijama. Sve grijane prostorije čine grijani dio zgrade.

**Hotel ili restoran**

Hotel, motel, gostionica, restoran, pansion, planinarski dom.

**Isporučena energija**

Energija, izražena po nositelju energije, koja se dovodi u tehnički sustav u zgradi kroz granicu sustava kako bi se zadovoljile promatrane potrebe za grijanjem, hlađenjem, ventilacijom i klimatizacijom, potrošnom toplom vodom i rasvjetom prema Tablici 8.a Tehničkog propisa.

**Izvešće o energetsom pregledu**

Dokument koji sadrži sve propisane podatke, analize, procjene i prijedloge iz Pravilnika o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN 88/17) te je izrađen u skladu s Metodologijom.

**Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem,  $H_{Ve,adj}$  [W/K]**

Količnik između toplinskog toka koji se prenosi iz grijane zgrade prema vanjskom prostoru izmjenom zraka u prostoriji s vanjskim zrakom i razlike između unutarnje projektne temperature grijanja i vanjske temperature.

**Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka,  $H_{tr,adj}$  [W/K]**

Količnik između toplinskog toka koji se transmisijom prenosi iz grijane zgrade prema vanjskom prostoru i razlike između unutarnje projektne temperature grijanja i vanjske temperature.

**Kotao**

Sklop tijela kotla i plamenika namijenjen prijenosu topline koja se oslobađa izgaranjem u vodu.

**Metodologija provođenja energetsog pregleda zgrada (u tekstu: Metodologija)**

Skup radnji i postupaka za provođenje energetsog pregleda zgrada, sadrži Algoritam za izračun energetsog svojstva zgrade u standardnim uvjetima korištenja i objavljuje se na službenim web stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja

**Nestambena zgrada**

Zgrada koja nema niti jednu stambenu jedinicu ili skup prostorija namijenjen stanovanju zajednica.

**Nova zgrada**

Izgrađena zgrada prije nego je puštena u pogon, odnosno prije početka uporabe, a koja se gradi na temelju akta za građenje izdanog nakon 1. listopada 2007.

**Obiteljska kuća**

Stambena zgrada s najviše tri samostalne uporabne cjeline stambene namjene i koja ima građevinsku (bruto) površinu manju ili jednaku 600 m<sup>2</sup>.

**Obujam grijanog dijela zgrade,  $V_e$  [m<sup>3</sup>]**

Bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje  $A$  (m<sup>2</sup>).



### **Obujam grijanog zraka, $V$ [m<sup>3</sup>]**

Neto obujam, obujam grijanog dijela zgrade u kojem se nalazi zrak. Taj se obujam određuje koristeći unutarnje dimenzije ili prema približnom izrazu  $V = 0,76 \cdot V_e$  za zgrade do tri etaže, odnosno  $V = 0,8 \cdot V_e$  u ostalim slučajevima.

### **Održavanje građevine**

Izvedba građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini radi očuvanja temeljnih zahtjeva za građevinu tijekom njezina trajanja, kojima se ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena.

### **Oplošje grijanog dijela zgrade, $A$ [m<sup>2</sup>]**

Ukupna ploština građevinskih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (ovojnica grijanog dijela zgrade), uređena prema HRN EN ISO 13789:2008, dodatak B, za slučaj vanjskih dimenzija građevinskih dijelova.

### **Ostala nestambena zgrada**

Muzej, knjižnica i informacijsko-dokumentacijski centar, zgrada za čuvanje arhivske građe (arhiva), kinodvorana, koncertna dvorana, operna kuća, kazalište i sl.

### **Ovojnica zgrade**

Ugrađeni dijelovi zgrade koji odvajaju unutrašnjost zgrade od vanjskog okoliša i negrijanih prostora.

### **Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade, $A_k$ [m<sup>2</sup>]**

Ukupna ploština neto podne površine grijanog dijela zgrade (ne uključuje negrijane dijelove zgrade kao npr. skladišta, stubišta i ostale zatvorene negrijane dijelove zgrade i slično).

### **Postojeća građevina**

Građevina izgrađena na temelju građevinske dozvole ili drugog odgovarajućeg akta i svaka druga građevina koja je prema Zakonu o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19) ili posebnom zakonu s njom izjednačena.

### **Primarna energija**

Energija iz obnovljivih i neobnovljivih izvora koja nije podvrgnuta niti jednom postupku pretvorbe.

### **Redoviti pregled**

Redoviti pregled sustava grijanja, sustava hlađenja i sustava ventilacije i klimatizacije u zgradi radi ocjene načina rada i održavanja sustava s obzirom na energetske učinkovitost i po potrebi utvrđivanja mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti sustava radi osiguranja maksimalne učinkovitosti tih sustava u normalnim uvjetima rada, a obavlja ga za to ovlaštena osoba.

### **Referentna klima**

Klima za meteorološke postaje preuzete kao karakteristične za područje kontinentalnog (kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade prema podacima iz Meteoroloških podataka za najbližu klimatski mjerodavnu meteorološku postaju  $\Theta_{mm}$  jest  $\leq 3^\circ\text{C}$ ) i za područje primorskog (kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade prema podacima iz Meteoroloških podataka za najbližu klimatski mjerodavnu meteorološku postaju  $\Theta_{mm}$  jest  $> 3^\circ\text{C}$ ) dijela Hrvatske.

### **Rekonstrukcija građevine**

Izvedba građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini kojima se utječe na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za tu građevinu ili kojima se mijenja usklađenost te građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena (dograđivanje, nadograđivanje, uklanjanje vanjskog dijela građevine, izvođenje radova radi promjene namjene građevine ili tehnološkog procesa i sl.), odnosno izvedba građevinskih i drugih radova na ruševini postojeće građevine.

### **Samostalna uporabna cjelina zgrade**

Stan odnosno apartman, poslovni prostor i slično unutar zgrade koji je predviđen ili preuređen za zasebno korištenje.

### **Sportska dvorana**

Zgrada za sportove koji se održavaju u zatvorenom prostoru (košarkaška i teniska igrališta, plivališta, gimnastičke dvorane, dvorane za klizanje i sl.).

### **Stambena zgrada**

Obiteljska kuća ili višestambena zgrada koja je u cijelosti ili u kojoj je više od 90% građevinske (bruto) površine namijenjeno za stanovanje.

### **Stvarni klimatski podaci**

Klimatski podaci dobiveni statističkom obradom prema meteorološkoj postaji najbližoj lokaciji zgrade.

### **Sustav automatizacije i upravljanja zgradom**

Proizvodi, softver i tehničke usluge za automatsku regulaciju, nadgledanje i optimizaciju, intervenciju ljudi i upravljanje, u cilju postizanja energetske učinkovitog, ekonomičnog i sigurnog rada opreme i sustava zgrade, a uključuju električne kontrolne sustave grijanja, hlađenja, ventilacije, osvjetljenja zgrade i slično.

### **Termotehnički sustav**

Tehnička oprema za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju i pripremu potrošne tople vode zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade.

### **Tehnički sustav**

Tehnička oprema za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju i pripremu potrošne tople vode, sustav rasvjete te sustav automatizacije i upravljanja zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade ili kombinacija navedenog.

### **Tijela javne vlasti u Republici Hrvatskoj** (prema Zakonu o pravu na pristup informacijama, NN 25/2013, 85/2015)

Tijela državne uprave, druga državna tijela, jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave, pravne osobe i druga tijela koja imaju javne ovlasti, pravne osobe čiji je osnivač Republika Hrvatska ili jedinica lokalne ili područne (regionalne) samouprave, pravne osobe koje obavljaju javnu službu, pravne osobe koje se temeljem posebnog propisa financiraju pretežito ili u cijelosti iz državnog proračuna ili iz proračuna jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave odnosno iz javnih sredstava (nameta, davanja, i sl.), kao i trgovačka društva u kojima Republika Hrvatska i jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave imaju zasebno ili zajedno većinsko vlasništvo. Popisu tijela javne vlasti pristupa se na poveznici <http://tjv.pristupinfo.hr>.

### **Toplinski most**

Manje područje u ovojnici grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene proizvoda, debljine ili geometrije građevnog dijela.

### **Troškovno optimalna razina**

Razina energetske svojstava koja rezultira najmanjim troškom tijekom procijenjenoga gospodarskog vijeka trajanja, pri čemu se najmanji trošak određuje uzimajući u obzir troškove ulaganja povezanih s energijom, troškove održavanja i operativne troškove (uključujući troškove i uštede energije, vrstu dotične zgrade, zaradu od proizvedene energije), gdje je primjenjivo, kao i troškove zbrinjavanja, gdje je primjenjivo, a procijenjeni gospodarski vijek trajanja određuje svaka država članica EU. Procijenjeni gospodarski vijek se odnosi na preostali procijenjeni vijek trajanja zgrade, ako se zahtjevi energetske svojstva određuju u odnosu na zgradu u cjelini, odnosno na procijenjeni gospodarski vijek trajanja dijela zgrade, ako se zahtjevi energetske svojstva određuju u odnosu na dijelove zgrade. Troškovno optimalna razina nalazi se unutar područja razina energetske svojstava za koje je analiza troškova i koristi tijekom procijenjenoga gospodarskog vijeka trajanja pozitivna.

### **Udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja, $f$ [-]**

Količnik ploštine prozora, balkonskih vrata i prozirnih elemenata pročelja (građevinski otvor) i ukupne ploštine pročelja (zid + prozor,...). Kod grijanih potkrovlja ploštini prozora dodaje se ploština krovnih prozora, a ukupnoj ploštini pročelja dodaje se pripadna ploština kosog krova s krovnim prozorima.

### **Ugradnja**

Izvedba građevinskih i drugih radova kojim se povezuju građevni proizvodi, instalacije ili postrojenja tako da postaju sastavni dio građevine i ne mogu se bez uklanjanja ili bez utjecaja na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu odvojiti od građevine.

### **Ukupna korisna površina zgrade**

Ukupna neto podna površina zgrade koja odgovara namjeni uporabe zgrade, a koja se računa prema točki 5.1.7. HRN EN ISO 9836:2011.

### **Unutarnja projektna temperatura grijanja, $\Theta_{int,set,H}$ [°C]**

Projektom predviđena temperatura unutarnjeg zraka svih prostora grijanog dijela zgrade.

### **Uredska zgrada**

Zgrada koja se upotrebljava u poslovne svrhe, za administrativne i upravne svrhe, npr. banka, poštanski ured, ured lokalne uprave i državnih tijela, sud i sl.

### **Vanjska temperatura, $\Theta_e$ [°C]**

Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka na lokaciji zgrade prema podacima iz Meteoroloških podataka za najbližu klimatski mjerodavnu meteorološku postaju  $\Theta_{mm}$ .

### **Vanjska projektna temperatura za strojarne projekte**

Temperatura vanjskog zraka  $\Theta_{minym}$  (°C) prema podacima iz Meteoroloških podataka za najbližu klimatski mjerodavnu meteorološku postaju.

### **Veća rekonstrukcija zgrade**

Rekonstrukcija zgrade gdje se rekonstrukciji podvrgava više od 25% površine ovojnice zgrade.

### **Višestambena zgrada**

Stambena zgrada s četiri ili više stana, stambeni blok, stambena zgrada za stanovanje zajednica (npr. dom umirovljenika, radnički, dječji, đачki, studentski dom, sirotište, vojarna, zatvor i sl.) zgrada s apartmanima za povremeni boravak i sl.

### **Zgrada**

Građevina s krovom i zidovima, u kojoj se koristi energija radi ostvarivanja određenih klimatskih uvjeta, namijenjena boravku ljudi, odnosno smještaju životinja, biljaka i stvari, a sastoji se od tijela zgrade, instalacija, ugrađene opreme i prostora zgrade.

**Zgrada gotovo nulte energije**

Zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva. Ta gotovo nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u vrlo značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi na zgradi ili u njezinoj blizini, a za koju su zahtjevi utvrđeni Tehničkim propisom.

**Zgrada javne namjene**

Zgrada ili dio zgrade koju koristi tijelo javne vlasti za obavljanje svojih poslova, zgrada ili dio zgrade za stanovanje zajednice te zgrada ili dio zgrade koja nije stambena u kojoj boravi više ljudi ili u kojoj se pruža usluga većem broju ljudi.

**Zgrada s više namjena**

Zgrada koja ima više od 10% građevinske (bruto) površine u drugoj namjeni od osnovne i kada je ploština neto podne površine u drugoj namjeni veća od 50 m<sup>2</sup>, zbog čega je potrebno zgradu podijeliti u toplinske zone koje se proračunavaju u skladu s namjenom.

**Zgrada s više zona**

Zgrada koja se sastoji iz više dijelova koji su zaokružene zasebne funkcionalne cjeline za koje se mogu izraditi zasebni energetske certifikati i:

a) koja se sastoji od dijelova koji čine zaokružene funkcionalne cjeline koje imaju različitu namjenu te imaju mogućnost odvojenih sustava grijanja i hlađenja (stambeni dio u nestambenoj zgradi), ili se razlikuju po unutarnjoj projektnoj temperaturi za više od 4 °C, osim ako čine funkcionalnu cjelinu (npr.: kupaonica u stanu, garderoba uz sportsku dvoranu i slično),

b) ili kod koje je 10% i više neto podne površine prostora zgrade u kojem se održava kontrolirana temperatura u drugoj namjeni od osnovne namjene i kada je ploština neto podne površine u drugoj namjeni veća od 50 m<sup>2</sup>,

c) ili kod koje dijelovi zgrade koji su zaokružene funkcionalne cjeline imaju različiti termotehnički sustav i/ili bitno različite režime korištenja termotehničkih sustava.

**Zgrada trgovine na veliko i malo**

Trgovački centar, zgrada s dućanima, robna kuća, samostojeći dućan i butik i sl.

**Zgrada za obrazovanje**

Zgrada za predškolsko, osnovno i srednje obrazovanje (npr. jaslice, vrtić, škola), zgrada koja se upotrebljava za više obrazovanje i istraživanje i sl.

## POPIS KRATICA

<b>EPBD</b>	Direktiva o energetskej učinkovitosti zgrada
<b>FN elektrana</b>	fotonaponska elektrana
<b>G0EZ</b>	gotovo nula energetska zgrada (engl. nZEB)
<b>IZO staklo</b>	stakleni element sestavljen od više staklenih ploča odvojenih najmanje jednim, hermetički zatvorenim međuprostorom koji je ispunjen suhim zrakom ili inertnim plinom
<b>NN</b>	Narodne novine
<b>nZEB</b>	<i>nearly zero-energy building</i> (hrv. G0EZ)
<b>OIE</b>	obnovljivi izvori energije
<b>PTV</b>	potrošna topla voda
<b>PVRT</b>	promjenjivi volumen radne tvari (VRF)
<b>SAUZ</b>	sustav automatizacije i upravljanja zgradom
<b>UNP</b>	ukapljeni naftni plin

## POPIS SLIKA

Slika 1. Faktori oblika prema veličini i razvedenosti zgrade i potrebna specifična energija za grijanje .....	7
Slika 2. Dnevne maksimalne i minimalne temperature [°C] tijekom godine za Zagreb (izvor: Meteonorm 7 v7.3.3) .....	16
Slika 3. Dnevne maksimalne i minimalne temperature [°C] tijekom godine za Split (izvor: Meteonorm 7 v7.3.3) .....	16
Slika 4. Prema Tehničkom propisu u Hrvatskoj su određene meteorološke postaje prema čijim se podacima računa energetska svojstva zgrade za stvarne klimatske uvjete .....	17
Slika 5. Prikaz zgrade kompaktne ( $f_o = 0,75 \text{ m}^{-1}$ ) i razvedene dispozicije ( $f_o = 0,84 \text{ m}^{-1}$ ) .....	18
Slika 6. Isporučena energija za grijanje ovisno o primijenjenom termotehničkom sustavu, $E_{del,H}$ [kWh/a] .....	23
Slika 7. Faktori primarne energije.....	24
Slika 8. Potrošnja primarne energije za grijanje ovisno o primijenjenom termotehničkom sustavu.....	24
Slika 9. Utjecaj debljina izolacije na specifičnu potrebnu energiju za grijanje $Q''_{H,nd}$ .....	61
Slika 10. Presjek zgrade s velikim brojem prodora nosive konstrukcije kroz sloj toplinske izolacije. ....	68
Slika 11. Pravilno rješenje prodora balkonske ploče kao produljenje toplinskog mosta – obostrano oblaganje toplinskom izolacijom .....	68
Slika 12. Pravilno rješenje prodora balkonske ploče elementom za konstruktivni prekid toplinskog mosta.....	69
Slika 13. Raspored temperatura i izračun linijskog toplinskog mosta na poziciji aluminijskog profila pričvršćenog za armiranobetonski zid bez termičkog podloška pri unutarnjoj temperaturi od 20 °C i vanjskoj od - 10 °C.....	70
Slika 14. Raspored temperatura i izračun linijskog toplinskog mosta na poziciji aluminijskog profila pričvršćenog za armiranobetonski zid s termičkim podloškom pri unutarnjoj temperaturi od 20 °C i vanjskoj od - 10 °C .....	70
Slika 15. Pravilno brtvljenje vanjske stolarije .....	72
Slika 16. Direktni i indirektni sustavi s dizalicama topline .....	74
Slika 17. Princip mehaničke ventilacije s rekuperacijom.....	76

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije zgrade grijane i/ili hladene na temperaturu 18 °C ili više (prema Tehničkom propisu) .....	8
Tablica 2. Najveće dopuštene vrijednosti za postojeće zgrade grijane i/ili hladene na temperaturu 18 °C ili više prilikom rekonstrukcije (prema Tehničkom propisu) .....	10
Tablica 3. Primjeri tehničkih sustava i njihovih mogućnosti za postizanje nZEB standarda u kontinentalnoj Hrvatskoj .....	12
Tablica 4. Primjeri tehničkih sustava i njihovih mogućnosti za postizanje nZEB standarda u primorskoj Hrvatskoj .....	13
Tablica 5. Potrebna energija za grijanje i hlađenje te građevinske karakteristike na primjeru obiteljske kuće u Zagrebu .....	15
Tablica 6. Potrošnja energije zgrade istih arhitektonsko-građevinskih karakteristika na različitim lokacijama .....	16
Tablica 7. Utjecaj arhitektonsko-građevinskih karakteristika na potrebnu energiju za grijanje.....	18
Tablica 8. Utjecaj arhitektonsko-građevinskih karakteristika na potrebnu energiju za hlađenje.....	19
Tablica 9. Definirani tehnički sustavi* za proračun isporučene i primarne energije (prema Tehničkom propisu) .....	20
Tablica 10. Utjecaj promjene namjene zgrade na specifičnu potrebnu energiju za grijanje $Q''_{H,nd}$ i hlađenje $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)] .....	20
Tablica 11. Utjecaj mehaničke ventilacije na potrebnu specifičnu energiju za grijanje i hlađenje .....	21
Tablica 12. Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije grijane i/ili hladene na temperaturu 18 °C ili više (prema Tehničkom propisu).....	26
Tablica 13. Prostorni prikazi modela zgrada različite namjene i osnovni podaci.....	26
Tablica 14. Faktor umanjenja prolaska sunčevog zračenja napravom za zaštitu od sunčevog zračenja, $F_c$ [-] (prema Tehničkom propisu).....	62
Tablica 15. Računske vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje, $g_{\perp}$ , za slučaj okomitog upada sunčeva zračenja (prema Tehničkom propisu) .....	62
Tablica 16. Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, $U$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)], građevnih dijelova novih zgrada, i nakon rekonstrukcije postojećih zgrada (prema Tehničkom propisu).....	63
Tablica 17. Grafički prikaz nekih od detalja dobro riješenih toplinskih mostova na spoju temelja i zida (prema Tehničkom propisu).....	65

Tablica 18. Grafički prikaz nekih od detalja dobro riješenih toplinskih mostova na spoju prozora i zida (prema Tehničkom propisu).....	66
Tablica 19. Pravilno riješeni prodori nosive konstrukcije kroz sloj toplinske izolacije (prema Tehničkom propisu).....	67
Tablica 20. Materijali i pripadajući koeficijenti provodljivosti topline $\lambda$ [W/(m·K)] .....	70
Tablica 21. Informativne vrijednosti koeficijenta vršne snage $K_{pk}$ za razne vrste FN modula (Tablica 3.3. iz Algoritma).....	78
Tablica 22. Informativne vrijednosti faktora nagiba $f_{tilt}$ u ovisnosti o nagibu i orijentaciji FN modula (Tablica 3.2. iz Algoritma) .....	78
Tablica 23. Iskaznica energetske svojstava zgrade – Obrazac 1, list 2 (na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj – varijanta 1).....	81
Tablica 24. Iskaznica energetske svojstava zgrade – Obrazac 1, list 3 (na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj – varijanta 1).....	82
Tablica 25. Iskaznica energetske svojstava zgrade – Obrazac 1, list 4 (na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj – varijanta 1).....	82
Tablica 26. Iskaznica energetske svojstava zgrade – Obrazac 1, list 5 (na primjeru obiteljske kuće u kontinentalnoj Hrvatskoj – varijanta 1).....	83