

# Prozori i vrata niskoenergetskih zgrada

---

**Vajda, Ana Maria**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:163977>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-17**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB**

**ZAVRŠNI RAD**

Ana Maria Vajda

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB**

**ZAVRŠNI RAD**  
**PROZORI I VRATA NISKOENERGETSKIH**  
**ZGRADA**

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Silvio Bašić

Student:

Ana Maria Vajda

Zagreb, rujan, 2023.

**UNIVERSITY OF ZAGREB**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING**

# **FINAL PAPER**

**DOORS AND WINDOWS OF THE LOW ENERGY  
BUILDINGS**

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Silvio Bašić

Student:

Ana Maria Vajda

Zagreb, September, 2023.





## TEMA ZAVRŠNOG ISPITA

Ime i prezime studenta: **Ana Maria Vajda**

JMBAG: **0082064133**

Završni ispit iz predmeta: **Visokogradnje**

Naslov teme  
završnog ispita:

HR	<b>Prozori i vrata niskoenergetskih zgrada</b>
ENG	<b>Doors and windows of the low energy buildings</b>

Opis teme završnog ispita:

U ovom radu će se istražiti značaj (uloga) vrata i prozora na ukupnu energetska sliku zgrade, korišteni materijali i načini ugradnje nužni da bi se osigurala željena svojstva niskoenergetskih zgrada. Istraživanje će se potkrijepiti i primjerima detalja izvedenih zgrada. Održivo korištenje resursa utječe na mnoge elemente suvremenih zgrada, naročito one koji su sastavni dijelovi njene ovojnice. Kod prozora i vrata svjedoci smo svakodnevnih dorada i poboljšanja kojima se značajno unapređuje energetska učinkovitost prozora i vrata bez narušavanja njihovih estetskih svojstava.

Datum: **14.04.2023.**

Komentor:

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **izv.prof.art.dr.sc. Silvio Bašić**

(Ime i prezime mentora)

(Potpis mentora)

## **SAŽETAK**

U ovom radu je istražen značaj (uloga) vrata i prozora na ukupnu energetska slika zgrade, korišteni materijali i načini ugradnje nužni da bi se osigurala željena svojstva niskoenergetskih zgrada. Istraživanje je potkrijepljeno i primjerima detalja izvedenih zgrada.

Održivo korištenje resursa utječe na mnoge elemente suvremenih zgrada, naročito one koji su sastavni dijelovi njene ovojnice. Kod prozora i vrata svjedoci smo svakodnevnih dorada i poboljšanja kojima se značajno unapređuje energetska učinkovitost prozora i vrata bez narušavanja njihovih estetskih svojstava.

Ključne riječi: niskoenergetska zgrada, nZEB, energetska učinkovitost, prozori, vrata

## **ABSTRACT**

This paper investigate the significance (role) of doors and windows on the overall energy profile of the building, the materials used and the methods of installation necessary to ensure the desired properties of low-energy buildings. The research is supported by examples of constructed buildings.

Sustainable use of resources affects many elements of modern buildings, especially those that are integral parts of their envelope. When it comes to windows and doors, we are witnessing daily refinements and improvements that significantly improve the energy efficiency of windows and doors without impairing their aesthetic properties.

Keywords: low-energy buildings, nZEB, energy efficiency, windows, doors

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. NISKOENERGETSKA ZGRADA.....	3
3. RAZVOJ KROZ POVIJEST .....	4
3.1 VRSTE STAKLA .....	5
4. VRATA I PROZORI KAO OVOJNICA ZGRADE.....	7
4.1 PARAMETRI ZA OPISIVANJE PERFORMANSI PROZORA.....	8
4.2 OKVIR PROZORA.....	10
4.3 UGRADNJA PROZORA.....	13
4.4 PROZORI VISOKIH PERFORMANSI.....	14
4.5 ROLETE I ŽALUZINE.....	15
4.6 ULAZNA VRATA.....	16
4.7 VJETROBRAN.....	17
4.8 ZAŠTITA PROZORA OD VANJSKIH UTJECAJA .....	17
5. NAČELA ZA PROZORE I VRATA NISKOENERGETSKIH ZGRADA.....	18
5.1 KONSTRUIRANJE BEZ TOPLINSKIH MOSTOVA .....	18
5.2 TOPLINSKA IZOLACIJA.....	20
5.3 ZRAKONEPROPUSNOST.....	22
6. NISKOENERGETSKE ZGRADE – PRIMJERI.....	24
6.1 PRIMJER - OBITELJSKA KUĆA U ESTONIJI.....	24
6.2 PRIMJER – KUĆA NA OBALI OD GLINE.....	26
6.3 PRIMJER – KUĆA U NEW ORLEANSU .....	29
7. ZAKLJUČAK.....	32
8. LITERATURA .....	34
9. POPIS SLIKA.....	37

## 1. UVOD

Jedan od većih problema današnjice je problem utjecaja energije na okoliš. Ekološki problemi i energija su direktno povezani te je nemoguće proizvoditi i prenositi energiju bez utjecaja na okoliš. Energija se dijeli na obnovljive i neobnovljive izvore energije. Nafta, plin i ugljen, kao neobnovljivi izvori energije, svojim izgaranjem znatno utječu na okoliš. Kao posljedica zagađenja okoliša i klimatskih promjena zbog ispuštanja plinova poput CO<sub>2</sub> u atmosferu te prevelike potrošnje energije nastupa čovjekova potreba da se što više energije uštedi te tako nastaje niskoenergetska gradnja.

Niskoenergetska gradnja je temelj održive gradnje tijekom cijelog životnog vijeka, od korištenja građevinskog materijala čija proizvodnja ne zagađuje okoliš, pa sve do racionalnog korištenja energije i pravilnog gospodarenja s otpadom. Daje visoku udobnost stanovanja, uz jako niske troškove potrošnje energije. Niskoenergetskim zgradama se smatraju zgrade koje imaju maksimalnu godišnju potrošnju toplinske energije 30 – 40 kWh/m<sup>2</sup>. U Hrvatskoj, usporedbe radi, prosječno kućanstvo potroši oko 200 kWh/m<sup>2</sup>. No, nisu u svakoj državi standardi isti, tako da ni niskoenergetska zgrada ne postoji kao globalno prihvaćeni pojam. U Njemačkoj je, primjerice, ograničenje u potrošnji energije do 50 kWh/m<sup>2</sup>, dok je u Švicarskoj to ograničenje 42 kWh/m<sup>2</sup>. Niskoenergetska gradnja u pravilu koristi visoke razine insolacije, energetske učinkovitu stolariju, niske razine propuštanja zraka i toplinsku obnovu u ventilaciji te na taj način koristimo manje energije koja nam je potrebna za grijanje i hlađenje.

Također, značajnu ulogu u svemu tome imaju staklene strukture na građevini – prozori i vrata. Oni su sastavni dio ovojnice zgrada. Iako su najveći izvor toplinskih gubitaka u zgradama, oni su jedini pokretni vanjski elementi te im je primarna namjena da se pomoću njih omogućuje izmjena zraka, odnosno ulaz svježeg zraka u prostoriju. Također, omogućuju prodor dnevnog svjetla (sunčevog zračenja) te ako su kvalitetno izrađeni služe kao važan izolacijski sloj.

Danas na tržištu postoji razno razna ponuda proizvodnje prozora i vrata, koja se svakodnevno poboljšava i doraduje. Prozori i vrata sastavljeni od različitih materijala, vrlo prilagodljivih bez narušavanja estetskog oblikovanja s velikim mogućnostima otvaranja, ostakljivanja te fiksiranja. Često su raspoređeni tako da dovedu vizualni izraz u tlocrt zgrade – prikazuju životni stil te individualnost pojedinca.

Cilj ovog završnog rada je prikazati ulogu vrata i prozora na ukupnu energetska sliku zgrade, prikazati kako i na koji način možemo sa kvalitetnim izborom moći koristiti što manje energije, samim time i racionalnije korištenje energije, a i dalje imati komfor prilikom stanovanja.

## 2. NISKOENERGETSKA ZGRADA

Zgrade su veliki zagađivači okoliša i potrošači energije. Procjenjuje se da zgrade u Europskoj Uniji čine oko 40% ukupne potrošnje energije i 36% emisije CO<sub>2</sub> te se zbog toga postavljaju novi kriteriji za njihovu gradnju. Smanjenje potrošnje energije i korištenje energije iz obnovljivih izvora u sektoru zgradarstva predstavljaju važne mjere koje su potrebne za smanjenje energetske ovisnosti te emisije stakleničkih plinova. Cilj koji si postavlja Europska Unija je klimatski neutralna Europa do 2050. godine, a gradnja zgrada gotovo nulte energije u velikoj mjeri doprinosi tome. [1]

Zgrada gotovo nulte energije, odnosno nZEB (nearly zero-energy building) je zgrada koja ima vrlo visoku energetska učinkovitost. Koristi se niska količina energije, koja se u značajnoj mjeri dobiva energijom iz obnovljivih izvora (sunce, voda, tlo, zrak). [2] Neke od prednosti zgrade gotovo nulte energije (nZEB) u odnosu na ostale zgrade su te da one doprinose očuvanju klime; projektirana je prema klimatskim i lokacijskim uvjetima, te orijentacije prema suncu s vrlo učinkovitim povratom topline za smanjenje potrebe grijanja zimi, odnosno hlađenja ljeti; ima znatno niže troškove za korištenje energije; koristi pametne tehnologije upravljanja tehničkim sustavima zgrade; koriste se najsvremeniji elementi i građevni materijali s ciljem korištenja onih koji zadovoljavaju kriterije zelene i održive gradnje; ima dulji životni vijek te zahtjeva manje održavanja; koriste se energetska učinkoviti potrošači električne energije; projektirana je tako da osigurava dotok prirodnog svjetla u unutrašnjost zgrade (korištenje upada sunčevih zraka); razina buke u interijeru je niska jer ima dobru izolaciju zidova; energetska vrlo učinkovite prozore; vrhunskog dizajna i tehnologije, vrlo visoke održivosti nZEB znači zadovoljstvo vlasnika da ima zgradu budućnosti. [3]

### 3. RAZVOJ KROZ POVIJEST

Svijet bez prozora i vrata je praktički nezamisliv. To su skromni elementi naših domova i radnih mjesta koji postoje već stoljećima. Prvi prozori napravljeni su od papira u staroj Kini, Koreji i Japanu, dok su Rimljani prvi upotrijebili staklo za prozore. Takvi rimski prozori bili su izrađeni od malih komada prozirnog stakla postavljeni u drvene okvire. Omogućili su propuštanje svjetla u prostoriju i služili kao ventilacijski otvor. [4]

Dolaskom industrijske revolucije, koja datira iz 18. stoljeća, događaju se mnoge društvene promjene, uključujući nove tehnologije koje su dovele do modernih prozora i vrata. Lijevano željezo postaje široko dostupno, dolazi do proizvodnje okvira prozora koji su se mogli masovno proizvoditi. Prozori su postali vitalni dio tvornica, dopustili su prirodno svjetlo i ventilaciju, što je pomoglo pri poboljšanju produktivnosti, sigurnosti i zdravlju radnika. Kako dolazi do porasta tvornica i uredskih zgrada, dolazi do potražnje za većim prozorima koji propuštaju više prirodnog svjetla. To je bio veliki izazov za arhitekta i inženjere, jer tehnologija toga vremena ne podržava velike staklene ploče. Rješenje dolazi u obliku malih staklenih ploča koje su postavljene u metalne okvire koji se podupiru željeznim i čeličnim gredama. [5]

U 20. stoljeću prvi je put proizveden uPVC. uPVC je energetski učinkovit materijal, što je također pomoglo njegovoj popularnosti. Budući da ovakvi okviri prozora i vrata ne propuštaju vodu, ne propuštaju zrak i dobro podnose vremenske uvjete, postao je najpopularniji materijal za okvire prozora i vrata. Za razliku od aluminijskih prozora koji zahtijevaju toplinski prekid da bi se postigla slična razina toplinske izolacije, uPVC to postiže prirodnim putem. [4]

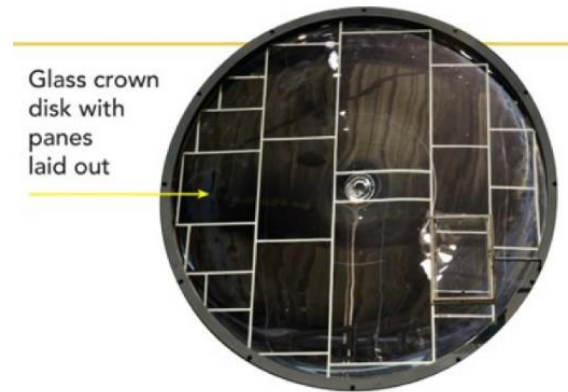
Nadalje, dolazi do dvostruko ostakljenih prozora, sastoji se od dvije staklene ploče odvojene slojem zraka, koji djeluje kao izolator i pomaže smanjiti buku i gubitak topline. Dvostruka stakla brzo postaju popularna i zamjenjuju se s jednoslojnim staklom. Digitalni napredak već je promijenio način komuniciranja s domovima, od roleta s elektroničkim upravljanjem preko pametnih zvana na vratima, a u novije vrijeme i prozora koji mogu upozoriti vlasnike kuće kada je prozor ostao otvoren. Prozori se nastavljaju razvijati i mijenjati s vremenom, prilagođavajući se novim tehnologijama i trendovima. [5]



### 3.1 VRSTE STAKLA

- Kruna ili stolno staklo

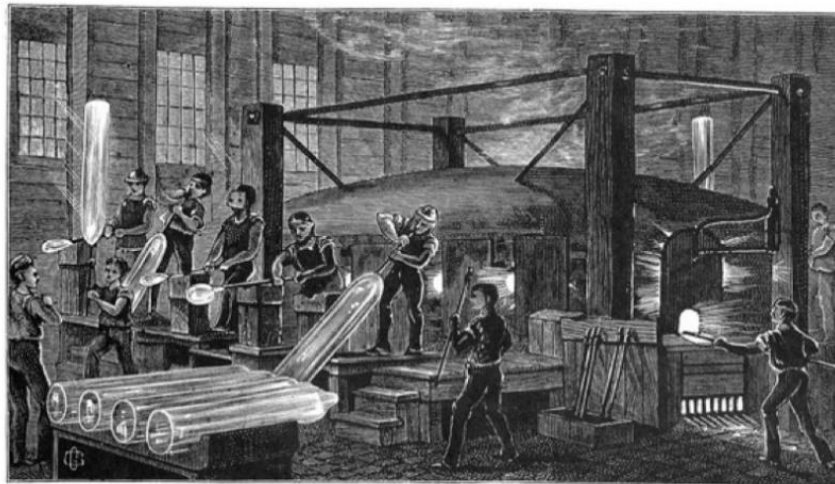
Staklo koje je napuhano u kuglu, rasječeno i okretno. Ti kružni komadi su izrezani i mogu se prepoznati po kružnim prugama na staklenim pločama. (Slika 1.) [6]



Slika 1. Kruna ili stolno staklo

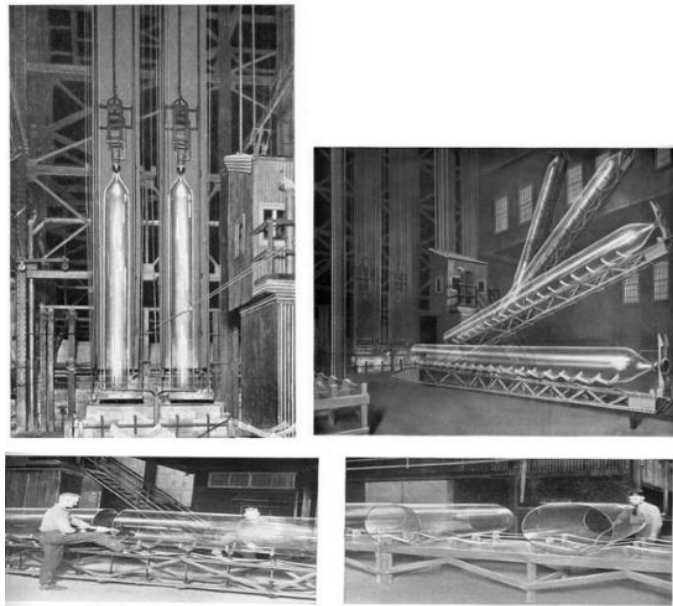
- Cilindrično puhano staklo

Proizvođači su otkrili da je učinkovitije baciti puhano staklo u dugački cilindar. Muškarci bi stajali vrlo blizu peći na platformama kako bi bacili i produžili svoju cijev prije rezanja. Staklo se može prepoznati jer su pruge zapravo duge linije umjesto kružnih linija. (Slika 2.) [6]



Slika 2. Cilindrično puhano staklo

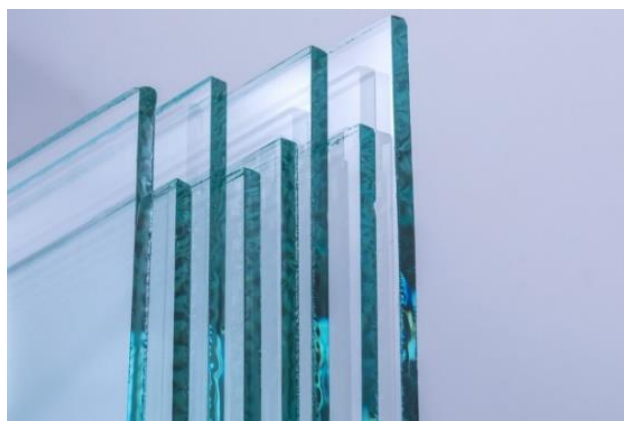
Nakon industrijalizacije strojevi čine proces učinkovitijim. Umjesto ručnog puhanja i bacanja, stroj bi se spustio u posudu s rastaljenim staklom i podignuo, stvarajući dugi cilindar. Staklo se zatim polaže, izreže i razvrstava. (Slika 3.) [6]



**Slika 3.** Cilindrično puhano staklo

- Plutajuće staklo

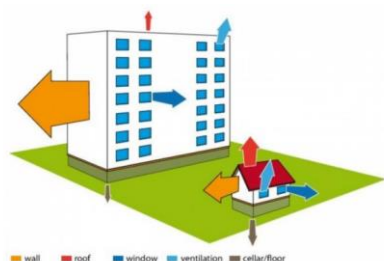
Nastaje plutanjem i sušenjem stakla na sloju rastaljenog metala niske točke taljenje, kositra. Takva metoda daje jednoliku debljinu i ravnu površinu. (Slika 4.) [6]



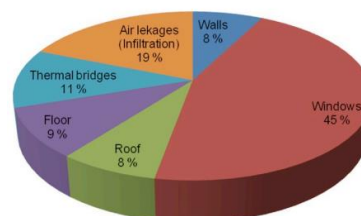
**Slika 4.** Plutajuće staklo

## 4. VRATA I PROZORI KAO OVOJNICA ZGRADE

Danas je oko 75% zgrada u Europskoj Uniji energetske neučinkovite. Prozori pri tome doprinose 10-15% udjela u gubitcima kroz ovojnicu zgrade. U modernim zgradama, postotna raspodjela od gubitka topline kroz različite ovojnice zgrade može predstavljati veliki udio. [7]



Slika 5. Zgrada i/ili kuća stanovanja



Slika 6. Poslovna zgrada

Prosječna izolacijska izvedba prozora koji su ugrađeni u Europi, zahtijevaju hitnu obnovu kako bi se spriječilo da se u zgradama ne troši toliko energije. U-vrijednosti predstavljene u većini zemalja EU-a pokazuju da je velika većina građevinskih fondova još uvijek opremljena jednostrukim staklom ili nepremazanim dvostrukim staklima, tj. proizvodima prije 1980.-ih godina, dok je proizvoda za ostakljenje sada između 5-10 puta više učinkovito nego prije. Samo renoviranje nije dovoljno jer zamjena sadašnjih prozora neoptimalnim izborom ili primjenjivanje minimalnih zahtjeva za učinkovitost ne omogućuje Europi da ispuni energetske i klimatske ciljeve. Budući da prozori u zgradi ostaju barem 40 godina, neophodno je osigurati da su proizvodi visoko energetske učinkoviti kako bi mogli nastaviti uštedu energiju u nadolazećim godinama. [8]

Države članice Europe postavile su minimalne zahtjeve za energetske učinkovitost koji nisu optimalni. Takvi minimalni zahtjevi su ponekad čak i ispod energetske učinkovitosti prozora. Često se uzimaju samo izolacijska svojstva prozora – U vrijednosti, dok se toplinski gubici – g vrijednosti ne uzimaju u obzir. [8]

#### 4.1 PARAMETRI ZA OPISIVANJE PERFORMANSI PROZORA

Ostakljene površine – prozori i vrata, čine najslabije dijelove toplinske i zrakonepropusne ovojnice zgrade. Različitim rješenjima se pokušava spriječiti gubitak topline kroz ostakljenje i povećati akumuliranje toplinske energije sunca.

Temperatura prozora odnosno stakla ne smije na zimski dan pasti ispod 17°C. Ako je temperatura manja, prozori će biti prehladni te boravak pored prozora u zimskim danima neće biti ugodan. Također, takva temperatura ne smije biti postignuta radom radijatora koji je smješten neposredno ispod prozora. [9]

Kod ostakljivanja je u posljednje vrijeme došlo do velikih promjena na području sprječavanja toplinskih gubitaka. Još prije nekoliko desetaka godina bilo je uobičajeno imati jednoslojno ostakljenje s  $U_g=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , danas se najviše i dalje koristi dvostruko izolirano ostakljenje s  $U_g=1.2 - 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . No, za današnje veće standarde i manju potrošnju energije sve su više popularni prozori s troslojnim izolacijskim ostakljenjem  $U_g=0,6 - 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [10]

Ispočetka se prostor između stakla ispunjavao plemenitim plinom – obično argonom ili kryptonom. Takvi plinovi su gušći od zraka i smanjuju količinu prijenosa topline kroz izolirano staklo. Danas je moguća i ispunjena tzv. "suhim" zrakom [11]

Performanse prozora definiraju se prema:

- **Ukupni koeficijent prolaska topline** (oznaka U) [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ] [7]

mjeri se koliko je materijal učinkovit izolator. Ukupni koeficijent sastoji se od dva dijela, dio koji izračunava prolaz topline stakla te dio koji izračunava prolaz topline okvira. Izračun U-vrijednosti prozora:

$U_g$  – („glass“) prolaz topline stakla

dvostruko izolirano staklo s argonom	1.1	[ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
trostruko izolirano staklo s kryptonom	0.5-2	[ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

$U_f$  - („frame“) prolaz topline okvira

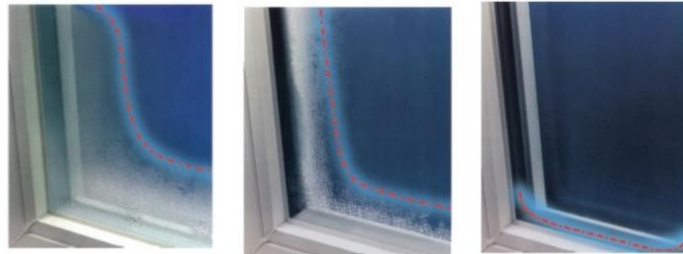
uPVC	0,90 – 1,20	[ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
drvo	1,25 – 1,50	[ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
aluminij	1,00 – 1,20	[ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

Niži koeficijent označava veću energetska učinkovitost. Što je koeficijent prolaska topline niži, manje će topline u zimskim uvjetima izlaziti, a u ljetnim ulaziti u zgradu.

$\psi_g$  – linearna toplinska propusnost ruba sustava ostakljenja

aluminij	0,10	[W/m <sup>2</sup> K]
„Warm Edge“	0,02	[W/m <sup>2</sup> K]

„Warm Edge“ je izraz za topli rub koji opisuje stakleni rub izolacijskog stakla s više stakala, u kojem je razmak između staklenih ploča izrađen od materijala niske toplinske vodljivosti. To pomaže smanjiti toplinski most iznutra prema van – štedi se energija i izbjegava stvaranja plijesni na rubu stakla. (Slika 7.) [12]

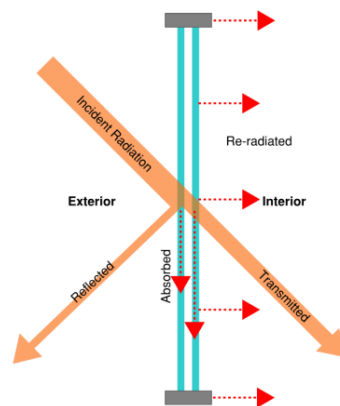


Slika 7. Topli rub

- **Koeficijent propusnosti sunčeve energije** (oznaka g) [7]

G-vrijednost od 1,00 predstavlja punu propusnost cjelokupnog sunčevog zračenja, dok 0,0 predstavlja prozor bez propusnosti sunčeve energije. Većinom se ta vrijednost kreće između 0,2 i 0,7, ako imaju solarnu kontrolu imaju g-vrijednost manju od 0,5.

Sunčevo kratkovalno zračenje puno doprinosi toplinskim valovima i povezana je s g vrijednosti. (Slika 8.) [7]



Slika 8. Sunčevo zračenje

- **Vidljiva transmisija** (oznaka Tv)

Njime se prikazuje udio vidljive svjetlosti propuštene kroz prozor.

Vrijednost se kreće od 0 do 1, što je veći broj, veća je količina svjetlosti koja prolazi kroz staklo. Iako je često poželjno da imamo što više dotoka prirodne svjetlosti koja ulazi kroz prozor, često dolazi do nepoželjnog povećanja solarne topline. [13]

Ostakljenje	1- staklo	2- staklo	2-topl.izol. stakla s argonom	3-topl. izol. stakla s kriptonom	3 – topl. izol. staklo
Vrsta zgrade	do 1980.	1984. do 2002.	od 2002. nadalje	PH	PH
U [W/m <sup>2</sup> K]	5,60	2,80	1,40	0,70	0,70
T na površini stakla [°C]	-1,8	9,1	14,5	17,3	17,3
g	0,85	0,76	0,55	0,50	0,60

**Tablica 1.** Prolaz topline različitih vrsta ostakljenja  
Izvor: M. Zbašnik Senegačnik (2009.), Pasivna kuća

## 4.2 OKVIR PROZORA

Osim samog ostakljenja koji smanjuju toplinske gubitke, jako je važan i materijal od kojeg je okvir prozora i vrata napravljen – doprozornici i dovratnici. Prozor mora imati dobre toplinsko izolacijske karakteristike, tako da se unutarnja površinska temperatura što više približi temperaturi zraka u prostoru. To je potrebno zbog temperaturne ugodnosti, a i zbog sprječavanja kondenzacije zračne vlage. [7]

Materijali koji se danas već tradicionalno koriste kod izrade okvira prozora možemo izdvojiti drvo, PVC i aluminij – na okvire je na različite načine ugrađuje toplinska izolacija, rabe se celulozna vlakna, poliuretanska pjena, toplinska izolacija od drvenih vlakana i slično. Sada se sve češće javlja vrlo prihvatljiv estetski okvir od aluminija s vanjske strane, a drva s unutarnje strane. [10]

uPVC - „unplasticized Polyvinyl Chloride“ (ne plastificirani polivinil klorid) je građevinski materijal koji se malo odražava i koristi se kao zamjena za obojeno drvo, uglavnom za okvire prozora i pragove prilikom ugradnje dvostrukog stakla u novim zgradama ili zamjenu starijih jednostrukih prozora. uPVC je lagan, čvrst, zahtjeva malo održavanja, što ga čini popularnim izborom. Takav izbor okvira je jeftinija alternativa skupom tvrdom drvu ili aluminiju. Snaga i nisko odražavanje proizlaze iz proizvodnje pomoću vinilnog polimera koji je vezan za atome klora tako da okviri zapravo nisu plastični i mogu dobro funkcionirati s čelikom. [14] U-koeficijent trostrukog uPVC prozora iznosi 0,73 [W/m<sup>2</sup>K] (Slika 9.) [7]



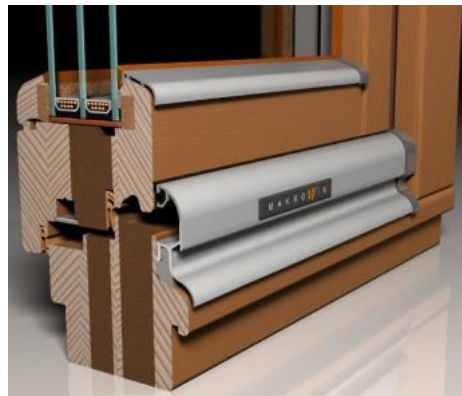
**Slika 9.** uPVC presjek okvira prozora

Nadalje, prozori i vrata od aluminija ispunjavaju najviše zahtjeve u pogledu kvalitete te imaju brojne prednosti: visok stupanj stabilnosti, energetska učinkovitost, uski vidni okvir, lako se održavaju i imaju dugi vijek trajanja. Aluminij je potpuno održiv proizvod. Može se 100% reciklirati i nije toksičan, ostavljajući minimalni ekološki otisak. Samo recikliranje aluminija zahtjeva samo 5% početne energije utrošen za njegovo stvaranje. [15] U-koeficijent trostrukog okvira prozora od aluminija iznosi 0,72 [W/m<sup>2</sup>K] (Slika 10.) [7]



**Slika 10.** Aluminijski presjek okvira prozora

S druge strane, drveni prozori i vrata izdržali su test vremena. Nude bezvremensku privlačnost koja ne zastari, a trenutno su na tržištu traženiji nego ikad. Novi drveni prozori trebali bi trajati od 50 do 100 godina i zahtijevaju minimalno održavanje osim preuređenja svakih 8 do 10 godina. Drvo je održiv i obnovljiv izvor, za razliku od većine drugih materijala kao što su plastika, čelik ili aluminij. Drvo je prirodni izolator i zbog svoje sposobnosti skladištenja ugljika ono je najbolji materijal koji pomaže prozorima i vratima da minimiziraju učinak zgrade na okoliš. Drveni prozori omogućuju dublje umetanje sustava ostakljenja u okvir kako bi se izbjegla površinska kondenzacija. [16] U-koeficijent trostrukog okvira drvenog prozora iznosi  $0,79 \text{ [W/m}^2\text{K]}$  (Slika 11.) [7]



**Slika 11.** Drveni presjek okvira prozora

Okvir od aluminija i drveta postaje sve popularniji, vanjski termo izolacijski sloj je opremljen aluminijskom kopčom za veću trajnost. Višeslojni lamelirani drveni profili iznutra daju bolju vizualnu kvalitetu. Vanjski termoizolacijski sloj je opremljen ALU kopčom kako bi se postigla što duža trajnost. U-koeficijent trostrukog okvira prozora od aluminija i drveta iznosi  $0,68 \text{ [W/m}^2\text{K]}$  (Slika 12.) [7]



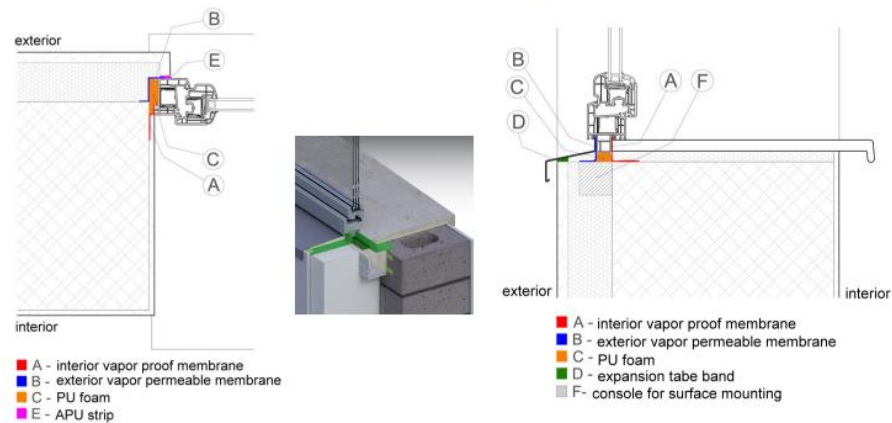
**Slika 12.** Presjek okvira prozora aluminij + drvo

Odabir samog materijala bira se s gledišta tipa građevine, ovisi o vlastitom ukusu i željama investitora.

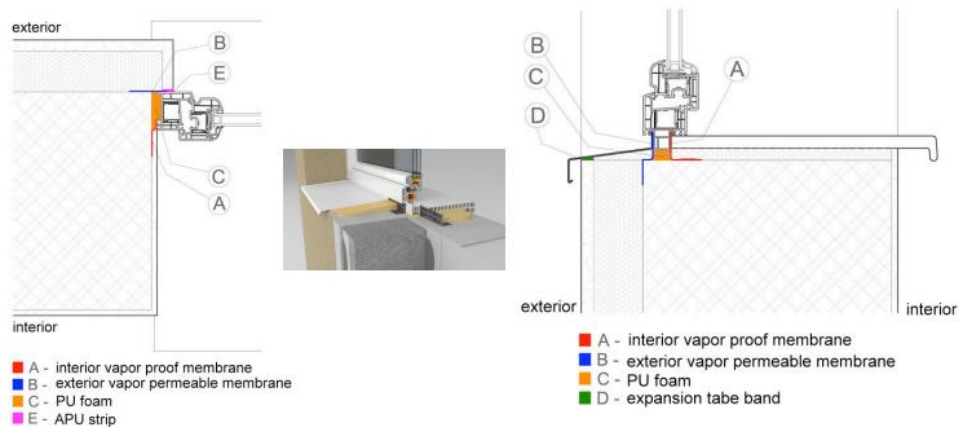


### 4.3 UGRADNJA PROZORA

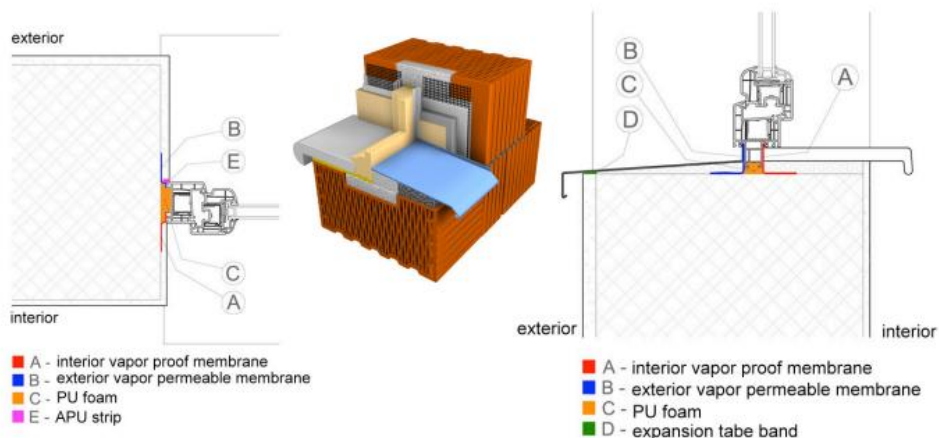
Proizvod, odnosno materijal, može imati jako dobra svojstva, ali ako nema odgovarajuće ugradnje prednosti vrhunskog proizvoda mogu biti izgubljene. Ugradnja prozora u niskoenergetsku zgradu mora biti optimizirana tako da se smanji toplinski most kako bi se izbjeglo postizanje kritičnih površinskih temperatura za kondenzaciju pare i rizik od stvaranja plijesni. [7]



Slika 13. Vanjska površinska instalacija



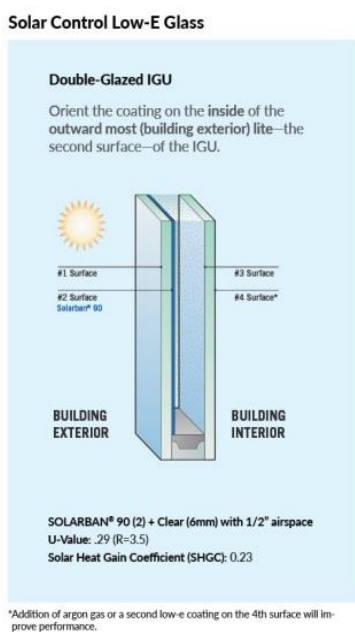
Slika 14. Uskladena instalacija



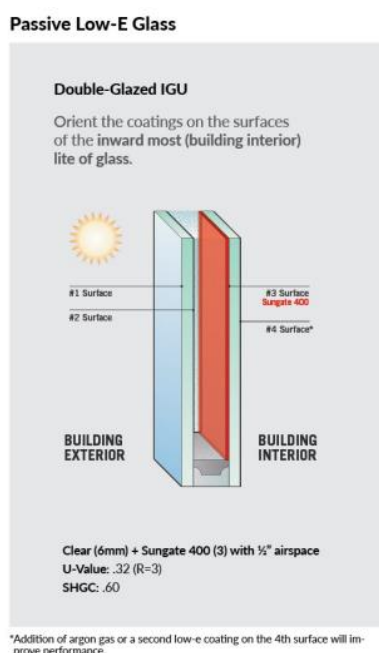
Slika 15. Centrirana instalacija

#### 4.4 PROZORI VISOKIH PERFORMANSI

Metoda premazivanja je temeljena na smanjenju emisivnost stakla tako što nanosimo izrazito tanki sloj metalnih oksida. Korištenjem tih premaza smanjujemo emisivnost stakla od nekih 0,95 do 0,2 ili manje. Takva skupina ostakljenja naziva se nisko emisijsko ili „low-e“ ostakljenje. (Slika 16.) S time se osigurava visoka refleksija sunčevog infracrvenog zračenja i tako se smanjuje prijenos infracrvenog zračenja u interijer. Folije se postavljaju na površinu za ostakljenje kako bi se smanjio gubitak topline ili za smanjenje sunčevih dobitaka. (Slika 17.) [7]

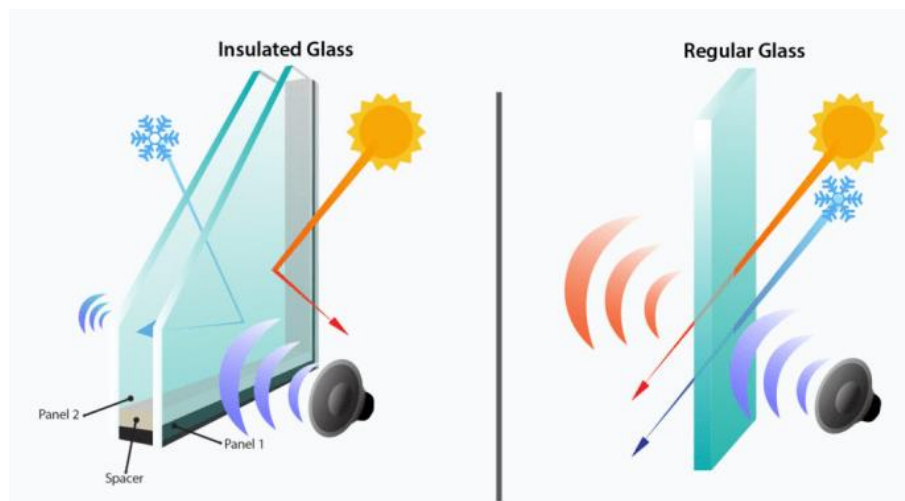


Slika 16. Smanjenje sunčevih dobitaka



Slika 17. Smanjenje gubitka topline

Izolirano ostakljenje (IGU) sastoji se od više staklenih ploča odvojenih zrakom ili šupljinom koja je ispunjena plemenitim plinom koje smanjuje prijenos topline i osigurava izolaciju zgrade. Izolacijsko staklo značajno regulira unutarnju temperaturu, smanjuje prijenos topline preko dijela ovojnice zgrade i djeluje kao barijera buci. (Slika 18.) [17]



Slika 18. Izolirano ostakljenje

#### 4.5 ROLETE I ŽALUZINE

Rolette i žaluzine imaju funkciju uravnoteženja prolaza topline. To su elementi prozora i vrata koji u zatvorenoj poziciji dodatno se smanjuju toplinske gubitke. Upravo je to razlog zašto se u hladnom dijelu godine preporučuje da su noću spuštene. Pogodne su rolete koje su ispunjene toplinsko izolacijskim materijalom. Noćno zatvaranje u zimskim razdobljima ima utjecaj i na stambenu ugodnost. Kada je temperatura vanjskog zraka  $-10^{\circ}\text{C}$ , pri temperaturi unutarnjeg zraka  $+20^{\circ}\text{C}$  temperatura unutarnje površine stakla noću iznosi najmanje  $17,3^{\circ}\text{C}$  (kod dvoslojnog stakla  $-9^{\circ}\text{C}$ ). Ako su rolete spuštene, na površini stakla temperatura se povisuje. [10]

Danju se stakla zbog sunca zagrijavaju. Većinu vremena su ona toplija od zraka u prostoru. Danju moraju biti podignute kako bi sunčeva energija nesmetano ulazila u prostor. Suprotno, dok su dani vrući preporučuje se da su rolete i žaluzine spuštene cijeli dan, kako bi se sačuvale niske temperature zraka i udobnost boravka. Kutija za rolete ne bi trebala biti ugrađena u toplinsku izolaciju jer se na taj način oslabljuje toplinsko izolacijski plašt zgrade. Kod niskoenergetskih zgrada, nije dobro ručno upravljanje roletama, jer trake zahtijevaju otvore, a oni oslabljuju zrakonepropusnost zgrade. Tako da je bolji električni pogon roleta. [10]



Slika 19. Električne rolete



Slika 20. Žaluzine

#### 4.6 ULAZNA VRATA

Ulazna vrata, slično kao drugi otvori na ovojnici zgrade, predstavljaju slabu točku u toplinskom plaštu zgrade, zbog čega ih uvijek treba jako pažljivo izabrati.

U principu, trebali bi ispunjavati uvjete kao što vrijede i za prozore, uz još neke zahtjeve – minimalna visina praga, jednostavna uporaba, zvučna izolacija, požarna zaštita, zaštita od provale itd. Vrata za niskoenergetsku zgradu se razlikuju od uobičajenih ulaznih vrata. Jako je važna zrakonepropusnost, zbog toga takva vrata moraju imati brtvila – na stranama i gore dvostruka, a dolje kod praga najmanje dvostruka. Kako bi se postigla dodatna zrakonepropusnost, vrata moraju trajno osigurati stabilan oblik, što proizvođač dokazuje pismenom dokumentacijom. Također, vratna krila moraju imati dodatne zatvarače – gore i dolje, koji stisnu krilo na brtvilo. Ulazna vrata moraju imati dobru toplinsku izolaciju – prolaz topline ne smije prelaziti  $0,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ . Ulazna vrata i dovratnici niskoenergetske zgrade imaju puno veće dimenzije od uobičajenih vrata. Cijena takvih ulaznih vrata još je uvijek jako visoka, iako postaju sve potrebniija. [10]

Vrlo je važna ugradnja vrata bez opasnosti za nastanak toplinskih mostova, do čega često dolazi kod pragova. Zahtijeva se prag u visini 15 mm, on s jedne strane poboljšava zrakonepropusnost vrata, a s druge strane predstavlja poteškoću invalidima. Uz prag se pojavljuju pijesak i prašina što povećava opasnost za nepropusnost. U javnim zgradama pragova najčešće nema nego se zrakonepropusnost postiže uronjenim brtvilima. [10]



**Slika 21.** Termoizolacijska vrata stana – s dobrom toplinskom izolacijom i mogućnošću iskorištavanja dobitaka sunčevog zračenja

#### **4.7 VJETROBRAN**

Vjetrobran, kao i rolete, doprinosi energetskej učinkovitosti, najviše ako su vrata pod stalnim djelovanjem vjetra. Vjetrobran nije grijan, on je tamponska zona između vanjske okoline i toplinskog plašta građevine. Toplinski izolirana ulazna vrata ugrađena su u toplinski plašt zgrade, dok vjetrobran ima obična vrata. [10]

#### **4.8 ZAŠTITA PROZORA OD VANJSKIH UTJECAJA**

Zbog velikih ostakljenih površina često tijekom ljetnih mjeseci dolazi do ljetnog pregrijavanja. Temperaturna ugodnost se postiže termoizolacijskim ostakljenjem, za dodatnu zaštitu od sunca koristimo sjenila. Sjenila mogu biti nepomična i pomična. Nepomična odnosno kruta koja nije moguće podešavati te pomična koja po potrebi dopuštaju podešavanje. Kod izbora zaštite od sunca potrebno je uzeti u obzir da se sprječavanjem prolaza cijelog sunčevog zračenja kroz ostakljenje može smanjiti i dio vidljive svjetlosti. Postoje i razni načini zaštite od sunca s vanjskim sjenilima koja su učinkovitija jer sprječavaju prodor topline do staklenih površina. Vrlo je dobro ozelenjivanje okoliša drvećem jer time zimi, kad lišće padne, sunce može obasjavati zgradu. Dok po ljeti, dok ima lišća, lišće radi hlad te time štiti zgradu od sunčevog zračenja. [10]

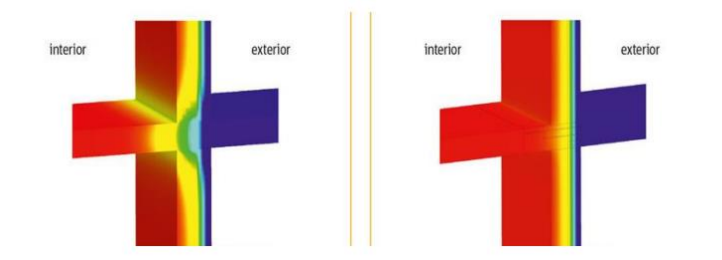
## 5. NAČELA ZA PROZORE I VRATA NISKOENERGETSKIH ZGRADA

Niskoenergetska zgrada je građevina s godišnjom potrebnom toplinom za grijanje između 40-60 kWh/m<sup>2</sup>a. Što je niži energetska broj, to je bolja toplinska zaštita zgrade. Za postizanje niskih energetska brojki, potrebno je izbjegavanje toplinskih mostova, dobra toplinska izolacija, ostakljenje prozorskih dijelova te zrakonepropusnost. U niskoenergetskoj zgradi potrebni su tradicionalan sustav grijanja i hlađenja. Svjež zrak se u zgradu dovodi prisilno – po unutarnjem razvodnom sustavu. Iskorišten zrak iz zgrade se odmiče bez iskorištavanja njegove topline. [10]

### 5.1 KONSTRUIRANJE BEZ TOPLINSKIH MOSTOVA

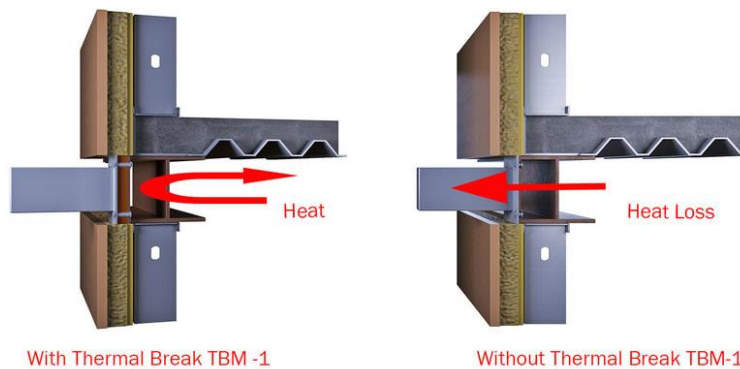
Zna se da su ispravna primjena i kvaliteta zrakonepropusnosti te toplinske izolacije usko povezane s konstruiranjem bez toplinskih mostova, slijedi sami pojam i objašnjenje toplinskog mosta.

Toplinski mostovi su mjesta na vanjskim dijelovima građevine (krov, zidovi, prozori, balkoni), gdje je povećan tok topline u odnosu na okolno područje. Toplinski mostovi nisu uvijek rezultat lošeg projektiranja. Oni mogu nastati na spoju dva različita materijala (npr. Opeka i beton), zbog nekorištenja usklađene termo izolacije na površini cijelog objekta ili zbog specifičnog geometrijskog oblika građevine. (Slika 22.) [18]



Slika 22. Toplinski mostovi (lijevo – neadekvatna ovojnica zgrade, desno – adekvatna ovojnica zgrade)

Uz kvalitetnu toplinsku izolaciju vanjske ovojnice zgrade, izbjegavanje jakih toplinskih mostova preduvjet je energetska efikasne gradnje. Pozicija prozora u zidu također igra važnu ulogu u izbjegavanju toplinskih mostova, stoga ga je potrebno smjestiti u razini toplinske izolacije. (Slika 23.) [19]



**Slika 23.** Pojava toplinskog mosta zbog neujednačene ovojnice građevine

S obzirom na uzrok nastanka toplinski mostovi se dijele na konvekcijske, geometrijske i konstrukcijske. [10]

- Konvekcijski toplinski mostovi – nastaju na mjestima gdje kroz pukotine ili otvore nekontrolirano odlazi topli zrak.
- Geometrijski toplinski mostovi – nastaju na mjestima gdje je unutarnja površina, kroz koju odlazi toplina, manja od vanjske.
- Konstrukcijski toplinski mostovi – nastaju tamo gdje je prekinut toplinski plašt zgrade

Neovisno o kojoj vrsti toplinskog mosta se radi, njihovo postizanje se može suzbiti pomoću toplinske izolacije i zrakonepropušnošću. Primjenom jednolikog građevinskog materijala. Njegove jednolike debljine, dobre kvalitete i ujednačene toplinske izolacije te postavljanjem zrakonepropusne ovojnice, ostvaruje se toplinska izoliranost i zrakonepropusnost što minimizira pojavu toplinskog mosta. Time se ušteduje potrošnja energije za grijanje te se s time smanjuje opterećenje okoliša štetnim tvarima koje nastaju pri izgaranju energetskih izvora. [20]

Kao što je rečeno, prozor sam po sebi predstavlja toplinski most, unatoč izvanrednim značajkama uvijek ima slabije toplinske izolacijske karakteristike od vanjskog zida. Nepravilnom ugradnjom prozora toplinski gubici se još više povećavaju. Za osiguravanje standarda niskoenergetske kuće važno je da je prozor ugrađen bez toplinskog mosta i da se postiže vrijednost  $U=0,8$  [ $W/m^2K$ ]. Reške između prozora i vanjskog zida treba dobro zabrtviti. Toplinska izolacija mora što bolje prekrivati okvir, što poboljšava toplinsku zaštitu. Također, ispod prozorskih klupčica može se javiti kondenzat, što treba uzeti u obzir kod izbora toplinske izolacije na tom mjestu. [10]

## 5.2 TOPLINSKA IZOLACIJA

Toplinska izolacija je materijal koji ima vrlo malu toplinsku provodljivost, tj. znatno smanjuje prijenos topline s jednog tijela na drugo. [21] Toplinski plašt su elementi koje tvore granicu između dva temperaturna područja. To su vanjski i unutarnji zidovi prema negrijanim dijelovima zgrade, krov, podovi, prozori i vanjska vrata. Unutar toplinskog plašta moraju biti oni prostori koji se griju, a izvan njega su negrijani podrumi, smočnice i ostali pomoćni prostori. [10]

Dobro poznavanje toplinskih svojstava građevinskih materijala jedan je od preduvjeta da se što bolje projektira energetska učinkovita zgrada.

Koeficijent prolaska topline  $U$  definira se kao količina topline, odnosno energije koju bilo koji materijal gubi u vremenu od  $u$  jedne sekunde ako je njegova površina jedan metar kvadratni pri temperaturnoj promjeni od jednog kelvina. Njemu recipročna vrijednost je toplinski otpor  $R$ . [22]

Također, osim dva spomenuta koeficijenta, važnu ulogu ima i koeficijent toplinske vodljivosti koji predstavlja količinu topline koja prođe u jedinici vremena kroz sloj materijala površine jednog metra kvadratnog debljine od jednog metra pri temperaturnoj promjeni od jednog kelvina. Vrijednost koeficijenta je različita za različite materijale, ovisi o gustoći, veličini i povezanosti pora te stanju vlažnosti materijala. [22]

Ako svi uvjeti zadovoljavaju da materijal postane dobar toplinski izolator, niskoenergetska kuća bi trebala spriječiti istjecanje skoro  $2/3$  topline iz prostora. To se postiže izborom materijala i načinom postavljanja istog, od temelja do krovišta konstrukcije. [22]

Kada se bira materijal za toplinsku izolaciju u obzir dolaze materijali koji su prirodni, proizvedeni s minimalnom količinom ugradbene energije tako da nemaju negativnih utjecaja na čovjeka i okoliš u životnom ciklusu, to su - mineralna vuna (Slika 24.), pjenasto staklo, (Slika 25.) poliuretanska pjena (Slika 26.), ekspanzirani polistiren (Slika 27.)... Debljina takvih slojeva za vanjski zid je 16-20cm izolacije, za krov 30-40cm izolacije i poda 12-20cm izolacije. [23]





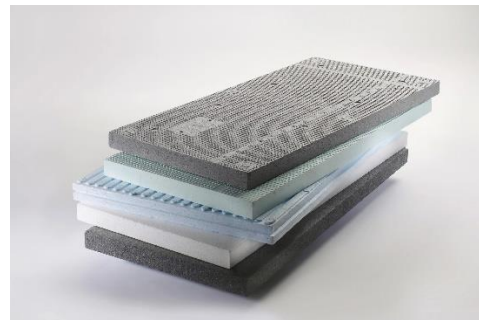
**Slika 24.** Mineralna vuna



**Slika 25.** Pjenasto staklo



**Slika 26.** Poliuretanska pjena



**Slika 27.** Ekspandirani polistiren

Opći zahtjevi za U-koefficient u niskoenergetskim kućama su: [23]

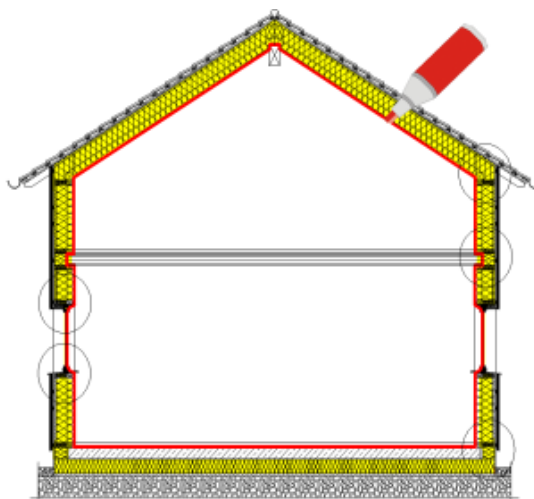
- Za vanjski zid –  $U \leq 0,20$  ( $W/m^2K$ )
- Za krov –  $U \leq 0,15$  ( $W/m^2K$ )
- Za pod –  $U \leq 0,15$  ( $W/m^2K$ )

Ogromnu ulogu u izolaciji igraju prozori i vrata. Da bi propuštali što manje topline, prozori se rade od narmiranih PVC profila, s trostrukim ostakljenjem i s low-e premazom, prekinutim toplinskim mostom i pune se plemenitim plinom. Kod postavljanja vrata najbitnije je dobro zabrtviti i pripaziti da imaju dobar koeficijent prijelaza topline kako bi se spriječilo gubljenje topline. [24]

### 5.3 ZRAKONEPROPUSNOST

Nakon što se osigura ugodna temperatura u svim prostorijama niskoenergetske zgrade, korištenjem toplinskog izolatora, treba spriječiti da takav zrak ne izlazi iz građevine. To svojstvo nazivamo zrakonepropusnost, a toplinski gubitci spriječit će se visokom brtvljivošću te zrakonepropusnom ovojnicom. (Slika 28.)

Nekontrolirano protjecanje zraka javlja se u rešetkama (fugama), pukotinama i drugim propusnim mjestima na plaštu građevine. [10] Toplinska izolacija, prije spomenuta, nije zrakonepropusna, odnosno hermetički zatvorena. Zato se i postavlja toplinska ovojnica kao zasebni sloj na građevini. Postavlja se oko grijanog prostora, s obzirom na to da je ideja niskoenergetske kuće da je u svim prostorijama temperatura jednaka, potrebno je ovojnici postaviti oko cijele građevine. Toplinska ovojnica je neprekinuta, trebalo bi biti moguće iscrtati cijelu ovojnici zgrade olovkom bez ikakvih prekida. [25]



Slika 28. Zrakonepropusna ovojnica

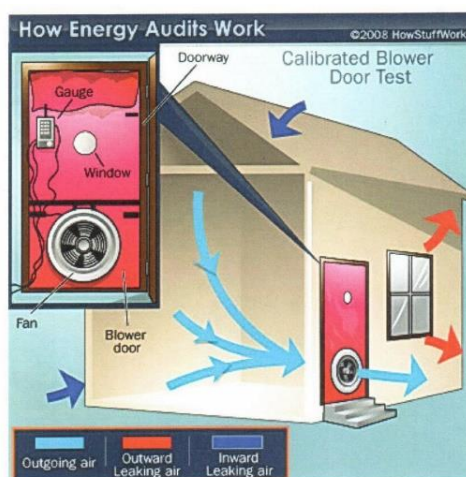
Prozorima i vratima se pridaje posebna pozornost. Krajevi svih hermetičkih komponenata moraju biti trajno spojeni i zatvoreni. Prozore nije dovoljno samo postaviti jer će se tada stvoriti otvori na mjestu njegovog spoja. Potrebno je primijeniti traku koja se može zalijepiti ili postaviti traku za žbukanje. Tako je osigurana dobra zabrtvljenost. [9] Ako je brtvljenje oko prozora pažljivo položeno i prozori dobro postavljeni, oni su potpuno nepropusni. Kod ulaznih vrata poteškoću stvara njihova težina, te pored samo zrakonepropusnosti moraju osigurati i druge zahtjeve (sigurnost, toplinsku izolaciju...) Kao i kod prozora, dobro brtvljenje je potrebno i kod vrata. Umjesto prislonjenog praga upotrebljavaju se udubljena brtvila. [10]

U građevnoj praksi se vrlo učinkovito pokazalo uravnoteženje prozorskih i vratnih krila za trajanja tlačnog testa Blower Door. (Slika 29.) [10]

Ispitivanje će pokazati koliko zraka prolazi kroz zatvorene prozore i vrata, zidove i krovnište, odnosno koliko je ovojnica zgrade zrakonepropusna. Takvo ispitivanje je potrebno provesti što ranije kako bi se eventualni prodori zraka kroz ovojnicu zgrade uspješno sanirala. Testiranje se provodi obostrano, može se utvrditi koliko zraka izlazi iz građevine te koliko zraka ulazi u građevinu iz vanjske okoline. Testiranje se radi tako da se postavlja ispitni ventilator koji je ugrađen na prethodno postavljeno platno i nosivi okvir. Rezultati mjerenja bit će iskazani volumnim protokom zraka. Istjecanje zraka događa se zbog razlike u tlakovima unutarnjeg i vanjskog prostora u iznosu od 50 Pa. (Slika 30.) [26]



Slika 29. Provođenje "blower door" testa



Slika 30. "Blower door" test

## 6. NISKOENERGETSKE ZGRADE – PRIMJERI

U nastavku, slijedi prikaz nekoliko zgrada koje su izvedene po principu niskoenergetske gradnje. Već je poznato da zgrade troše najveću količinu energije te se stoga preporučuju metode za smanjenje energetske potrošnje zgrade. Istraživanja su pokazala da se veliki dio gubitaka topline događa kroz otvore na zgradi – prozore i vrata. Pri projektiranju niskoenergetske zgrade veliki prozori se postavljaju na jugu, dok su mali prozori okrenuti prema sjeveru kako bi se smanjili gubici topline. Veliki prozori na jugu pomažu u povećanju dostupnosti dobivanja solarne energije. Solarna energija je među najvažnijim aspektima u projektiranju niskoenergetskih zgrada. [27]

### 6.1 PRIMJER - OBITELJSKA KUĆA U ESTONIJI

Na istočnoj obali Baltičkog mora, u Sjevernoj Europi, u državi Estoniji smještena je niskoenergetska jednoobiteljska montažna drvena nZEB kuća. (Slika 31.)

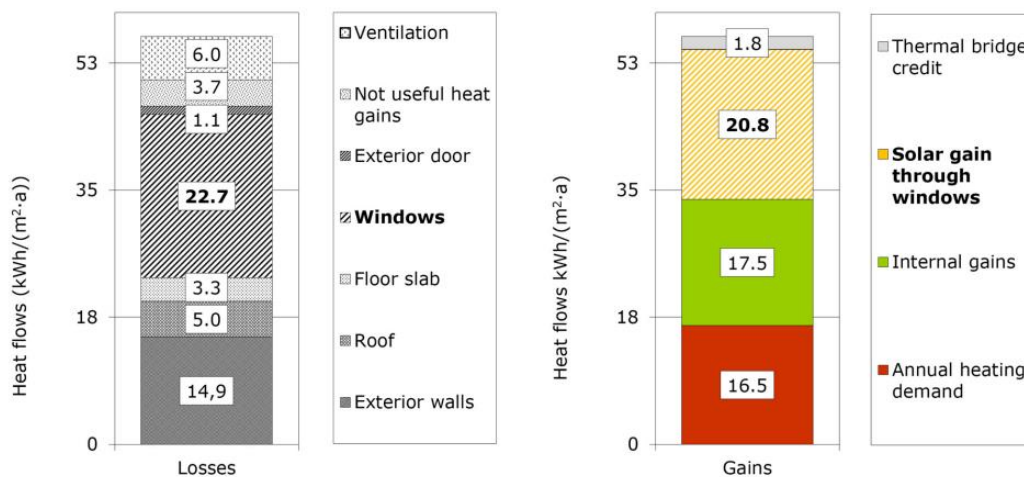


**Slika 31.** Montažna drvena kuća

Kuća se nalazi na kopnenom području estonske klime. Koristi se mehanički sustav ventilacije s povratom topline do 93%. Kuća je izgrađena od montažnih drvenih elemenata sa 500mm izolacije od puhane celuloze u zidovima i 600mm puhane celulozne izolacije u krovu. Prozori u zgradi imaju okvire drvo-aluminij i trostruko low-e ostakljenje. Specifični drvo-aluminij okviri ugrađeni u zgradu razvijeni su za korištenje u vrlo učinkovitim kućama i imaju izolacijski pokrov od drvenih vlakana na drvenom okviru koji je opet pogodan za prekrivanje dodatnom izolacijom.

Oko 70% površine je okrenuto prema jugu – to je uobičajena praksa kod energetske učinkovitih zgrada. U nastavku je prikazana godišnja energetska bilanca izgrađene referentne zgrade. (Slika 32.)

Uočeno je da gubitak topline kroz prozore čini veliki dio ukupnog gubitka. Međutim, sunčeva toplina kroz prozore također doprinosi velikoj količini dobitaka i to je važan faktor. [27]



Slika 32. Godišnja energetska bilanca referentne zgrade

## 6.2 PRIMJER – KUĆA NA OBALI OD GLINE

Smještena na obalnom dijelu u sjevernom Dublinu, ova privlačna niskoenergetska kuća izgrađena je od glinenih blokova i nastoji uravnotežiti energetska učinkovitost i udobnost s prostranim pogledom na more. Vlasnici su živjeli u loše izoliranoj kući iz 1950-ih koju je bilo teško i skupo grijati. Htjeli su topao i energetski učinkovit dom. Izazov je bio taj što je kuća udaljena manje od 100 metara od mora, pa bi bila izložena jakim morskim vjetrovima. Trebalo se osigurati da se svi odabrani materijali mogu nositi s time. Nadležna tijela za planiranje dala su zeleno svjetlo za rušenje postojeće kuće te izdali dozvolu za novu izgradnju, pod uvjetom da se zadrže pogledi u kojima susjedi s obje strane uživaju. (Slika 33.) [28]



**Slika 33.** Niskoenergetska kuća od gline

Vlasnici su željeli da kuća ima panoramski pogled na more od 180 stupnjeva, pa je kuća podijeljena na tri dijela. Koristili su se kameni zidovi kako bi se odvojila ta područja te se uključilo potpuno ostakljeno područje kako bi se maksimalno povećao pogled. Velika ostakljena površina je morala biti okrenuta prema istoku, što je bilo loše u smislu pasivnih solarnih dobitaka. Međutim, korištenje visokoučinkovitih trostruko ostakljenih prozora smanjilo je probleme s gubitkom topline. [28]



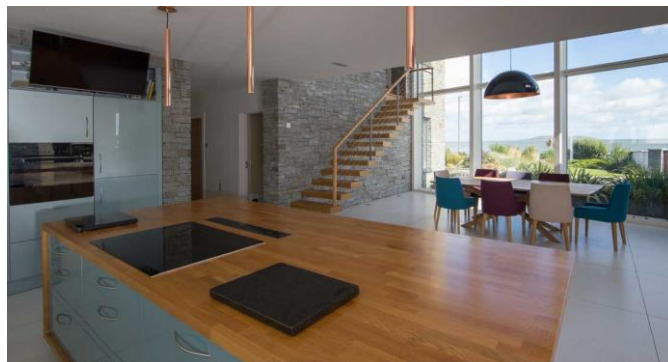


**Slika 34.** Trostruko ostakljeni prozori



**Slika 35.** Pogled na more

Također, bilo je zabrinutosti zbog mogućnosti propuha kao posljedice konvekcijskih strujanja dok zrak cirkulira po staklu. Iz tog razloga, kao i osiguravanja topline zračenja u cijeloj kući, izvodi se podno grijanje koje se koristi u kombinaciji s niskotemperaturnom dizalicom topline zrak-voda. [28]



**Slika 36.** Unutrašnjost niskoenergetske kuće

Kako bi se smanjio rizik od prekomjernih solarnih dobitaka, a time i pregrijavanja od ekstenzivnih ostakljenih površina, stavljeni su prozori koji se mogu otvarati na prednjoj i stražnjoj strani kuće kako bi se omogućila unakrsna ventilacija. S obzirom na obalni položaj i izloženost, vjetar nikad ne nedostaje da bi se olakšalo hlađenje kada je to potrebno. Osim toga, električne rolete na prozorima okrenutim prema jugu pomažu u ograničavanju solarne energije tijekom ljetnih dana. [28]



**Slika 37.** Unutrašnjost niskoenergetske kuće

Vlasnik kuće govori kako su računi za energiju u kući u četvrtinu iznosa u odnosu na njegov prethodni dom. Njihov glavni prioritet je bio imati ugodnu kuću bez propuha, dok u isto vrijeme imaju puno svježeg zraka. Rezultat ovog obiteljskog doma je i više nego zadovoljavajući, vlasnici kuće su oduševljeni uloženim trudom u projektiranje i izgradnju kuće. Osobito specifične završne obrade koju kuću čine jedinstvenom, a opet udobnim domom. [28]



### 6.3 PRIMJER – KUĆA U NEW ORLEANSU

U Americi, u državi New Orleans, dizajnirana je obiteljska kuća koja je održiva u svakom smislu te riječi. Pristupačna za izgradnju, dugotrajna, s minimalnim utjecajem na lokalni okoliš te pristupačne za grijanje i hlađenje tijekom cijelog životnog vijeka zgrade. [29]

Pristupačna, niskoenergetska kuća za jednu obitelj: "Shotgun kuća". Takav stil stanovanja postao je popularan u južnim Sjedinjenim Američkim Državama. Prostorije u kući su poredane u nizu, bez hodnika jer bi se hodalo s jednog kraja kuće na drugi prolazeći kroz svaku od soba. (Slika 38.) [29]



**Slika 38.** Niskoenergetska kuća u New Orleans-u

Takav tip kuća običnu se izrađuje od drvenih konstrukcija s drvenim oblogama. Visoki stropovi i nedostatak hodnika omogućuju provjetranje i hlađenje svake prostorije. [29]

Duboki krovni prepust južnog pročelja osigurava pasivnu zaštitu od sunca za unutrašnjost kuće u ljetnim mjesecima, dok u zimi omogućuje pasivno dobivanje topline od sunca. Klizni paneli na južnom pročelju nude fleksibilnost i zaštitu od sunca, vjetra i kiše kad je to potrebno. Prozori na sjevernom pročelju osiguravaju obilje dnevnog svjetla i prirodnu ventilaciju, dok ograničavaju solarnu toplinu. [29]



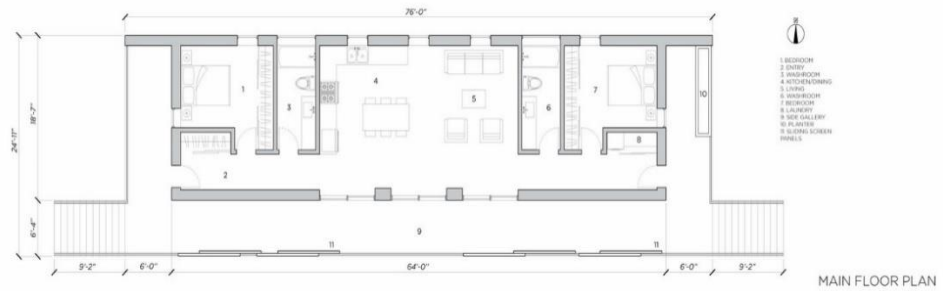
**Slika 39.** Vanjski dio kuće

Visoko reflektirajuća obloga od galvalume koja se može reciklirati minimalizira dobivanje sunčeve topline i daje trajan materijal. Galvalume čelični lim je ugljični čelični lim obložen aluminijsko-cink legurom kontinuiranim procesom vrućeg uranjanja sličnim procesu pocinčavanja. Otvori na istočnoj i zapadnoj strani također su zaštićeni prepustima. Sjeverna strana je ravna i izložena, povećavajući dnevnu svjetlost uz minimalni dobitak sunčeve energije. Prozori na suprotnim stranama u prostoriji služe za poprečnu ventilaciju i prirodno hlađenje. Visoko nakošeni stropovi omogućuju protok zraka, dopuštajući odstajalom vrućem zraku da izađe kroz ventilacijske otvore. Prozori su obloženi stakloplastikom te trostrukim ostakljenjem. [29] Stakloplastika je relativno nov materijal, izrađen od termoreaktivne poliesterske smole i staklenih niti. Zbog toga je kemijski otporan, vatrootporan, hipoalergen i ekološki prihvatljiv materijal. [30]

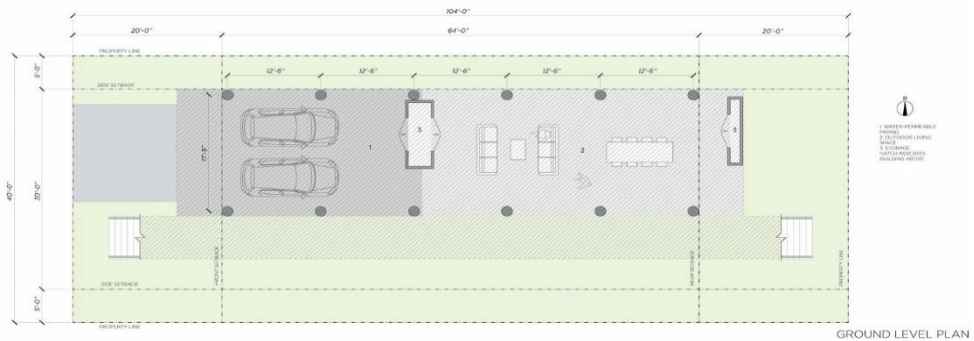


**Slika 40.** Unutrašnjost niskoenergetske kuće

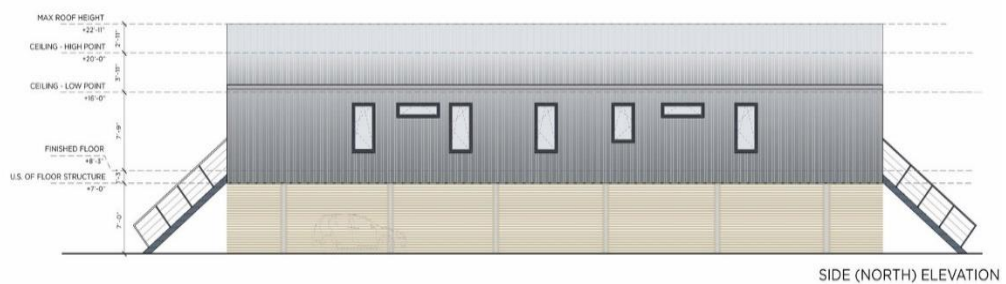
Rešetke i pregrade za povratni put zraka smještene u ormarima spavaće sobe i vratima kupaonice omogućuju kretanje zraka iz spavaće sobe. U skladu s građevinskim propisima, struktura je podignuta 2 metra iznad razine. To osigurava sigurnost u slučaju poplave i omogućuje cirkulaciju zraka ispod zgrade. To osigurava zasjenjena parkirna mjesta te temelji stupova minimaliziraju ometanje gradilišta dok vodopropusna površina prilaza smanjuje utjecaj na okoliš. [29]



Slika 41. Tlocrt niskoenergetske kuće



Slika 42. Tlocrt niskoenergetske kuće



Slika 43. Sjeverna strana kuće



Slika 44. Nacrt niskoenergetske kuće

## 7. ZAKLJUČAK

Čovječanstvo se danas susreće s posljedicama svog ponašanja. Najava o nedostatku fosilnih izvora u skoroj budućnosti, spoznaji o utjecaju štetnih emisija u okolišu te globalno zagrijavanje okoliša su sve posljedica čovjekovog utjecaja. To sad treba osvijestiti te postići što učinkovitiju i bolje moguću budućnost.

Trenutno u svijetu postoji dovoljno različitih tehnologija koje dugoročno smanjuju ovisnost čovjeka o okolišu neugodnim energentima, tako da budućnost nije nužno zabrinjavajuća. Trenutan stupanj razvoja tehnologije omogućava gradnju niskoenergetskih i pasivnih kuća. Potrebno je smanjenje uporabe energije u zgradama te time sprječavanje daljnjeg zagađenja okoliša.

Čovjekova želja za stvaranjem okruženja u kojem je ugodno boraviti, želja za smanjenjem troškova življenja u trenutku kada troškovi postaju sve veći te čovjekova ekološka osviještenost rezultiraju niskoenergetskom gradnjom.

Niskoenergetska zgrada, karakterizira se kao energetska učinkovita zgrada kojoj su glavna razmatranja visoki standardi izolacije i otpornosti na propuh te odgovarajuća ventilacija bez gubitka topline.

U ovom završnom radu je prikazano kako veliku ulogu u energetske učinkovitosti zgrade imaju ne nosivi elementi – prozori i vrata. Prikazano je kako veliku ulogu ima kvaliteta samog prozora, koja ovisi o vrsti ostakljenja (broj stakala, vrsta stakla, međuprostor između stakla), vrsti okvira (materijal-uPVC, aluminij, drvo), vrsti i poziciji sjenila, dubini do koje staklo utone u okvir...

Iako vrata i prozori predstavljaju površinski manji dio plašta građevine, znatno utječu na energetske bilancu. Kvalitetni detalji oko vrata i prozora minimalizirat će propuh i gubitak topline. Trostruko staklo punjeno argonom s low-e premazom najučinkovitija je vrsta stakla. Također, prozori s drvenim okvirima imaju puno manji utjecaj na okoliš od onih koji koriste uPVC ili aluminij.

Niskoenergetska kuća može zadovoljiti neke potrebe za grijanjem i stvoriti ugodan životni prostor sa solarnim metodama projektiranja. Oni na najbolji način iskorištavaju dostupnu sunčevu svjetlost, pažljivom orijentacijom prozora i vrata.

Ovakva kvaliteta i visoki standardi usmjereni na udobnost i zdravlje korisnika te ekološka osviještenost na zaštitu okoliša ima svoju cijenu što se ističe kao mana ovakvih zgrada. Izgradnja niskoenergetske kuće uključujući visoko kvalitetne prozore je otprilike 20% skuplja. Međutim, nakon nekoliko godina korištenja, dodatni troškovi su isplaćeni, a budućnost je moguća uz stalnu uštedu. Sve u svemu, izgradnja niskoenergetske kuće te ulaganje u kvalitetnije prozore i vrata, se i više nego isplati te se ne može pronaći niti jedna mana.

## 8. LITERATURA

- [1] Principles for nearly zero energy building, <https://c2e2.unepccc.org/wpcontent/uploads/sites/3/2016/11/principles-for-nearly-zero-energy-buildings.pdf>, 26.07.2023.
- [2] Niskoenergetske i pasivne kuće, <https://www.cee.hr/niskoenergetske-pasivne-kuce/>, 26.07.2023.
- [3] Nearly zero-energy buildings guidelines (nZEB), <https://mpgi.gov.hr/about-the-ministry-139/scope-of-the-ministry/energy-efficiency-in-the-buildings-sector/nearly-zero-energy-buildings-guidelines-nzeb/7535>, 26.07.2023.
- [4] A Rich And Fascinating History of Windows and Doors, <https://www.truframe.co.uk/news/history-fenestration-windows-doors/>, 26.07.2023.
- [5] History of Windows, <https://www.paarhammer.com.au/blog/history-of-windows>, 26.07.2023.
- [6] The History of Window Glass, <https://hullworks.com/the-history-of-window-glass/>, 27.07.2023.
- [7] High-performance Windows for nZEB Buildings, [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2\\_High-Performancewindows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2_High-Performancewindows_presentation.pdf), 24.08.2023.
- [8] Glass for Europe, <https://glassforeurope.com/minimum-performance-requirements-for-windows/>, 24.08.2023.
- [9] Passive House, [https://www.passivehouse-international.org/upload/download\\_complete\\_PH\\_Brochure.pdf](https://www.passivehouse-international.org/upload/download_complete_PH_Brochure.pdf), 25.08.2023.
- [10] M. Zbašnik Senegačnik, Pasivna kuća, SUN ARH d.o.o., Zagreb, 2009., 13.08.2023.
- [11] Plemeniti plinovi i toplinska izolacija u prozorima, <https://www.pressglass.hr/plemeniti-plinovi-i-toplinska-izolacija-u-prozorima/>, 26.08.2023.
- [12] What is a warm edge, <https://www.swisspacer.com/en/insights/warm-edge-knowledge>, 24.08.2023.
- [13] What is visual transmittance, <https://www.bayviewwindows.ca/blog/understanding-window-visual-transmittance/energy-efficiency>, 26.08.2023.
- [14] What is uPVC, <https://www.hazlemere.co.uk/blog/2018/01/what-is-upvc/>, 25.08.2023.

- [15] The advantages of aluminium windows,  
<https://www.livingwoodwindows.co.uk/what-are-the-advantages-of-aluminium-windows/>, 25.08.2023.
- [16] 7 Reasons to Choose Timber Windows, <https://www.ventrolla.co.uk/knowledge/7-reasons-to-choose-timber>, 25.08.2023.
- [17] Insulated Glass Units, <https://theconstructor.org/building/building-material/insulated-glass-units-igus-components-and-features/564338/>, 24.08.2023.
- [18] Toplinski most – što je i kako nastaje, <https://webgradnja.hr/clanci/toplinski-most-sto-je-i-kako-nastaje/3041>, 23.08.2023.
- [19] Toplinski most, <https://www.cee.hr/toplinski/>, 23.08.2023.
- [20] Toplinski mostovi,  
[https://www.arhitektihka.hr/files/file/pdf/bazaproizvoda/ytong/Toplinski\\_mostovi.pdf](https://www.arhitektihka.hr/files/file/pdf/bazaproizvoda/ytong/Toplinski_mostovi.pdf),  
22.08.2023.
- [21] Pasivna kuća, <https://gradnjakuce.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/pasivna-kuca-zasto-bi-to-bio-vas-odabir/>, 25.08.2023.
- [22] Toplinska izolacija, <https://hidroprofil.hr/toplinska-izolacija/>, 25.08.2023.
- [23] Niskoenergetski i pasivni objekti, <https://webgradnja.hr/clanci/skola-izoliranja-niskoenergetski-i-pasivni-objekti/1080>, 25.08.2023.
- [24] Sve što trebate znati o pasivnim kućama, <https://montazne-kucice.com/novosti/pasivne-kuce/>, 25.08.2023.
- [25] General principles for improving airtightness,  
[https://passipedia.org/planning/airtight\\_construction/general\\_principles/principles\\_for\\_improving\\_airtightness](https://passipedia.org/planning/airtight_construction/general_principles/principles_for_improving_airtightness), 20.08.2023.
- [26] Ispitivanje zrakopropusnosti zgrade, [https://map-ing.hr/ispitivanje-zrakopropusnosti-zgrade/?gclid=EAIaIQobChMIk\\_OB96r\\_gAMVdiqzAB1XEgoJEAAYAiAAEgLnIPD\\_BwE](https://map-ing.hr/ispitivanje-zrakopropusnosti-zgrade/?gclid=EAIaIQobChMIk_OB96r_gAMVdiqzAB1XEgoJEAAYAiAAEgLnIPD_BwE), 20.08.2023.
- [27] Influence of Window Details on the Energy Performance of a nZEB,  
[file:///C:/Users/anama/Downloads/Influence\\_of\\_Window\\_Details\\_on\\_the\\_Energy\\_Performa.pdf](file:///C:/Users/anama/Downloads/Influence_of_Window_Details_on_the_Energy_Performa.pdf), 04.09.2023.
- [28] The stunning low energy seaside home that's built from clay,  
<https://passivehouseplus.ie/magazine/new-build/the-stunning-low-energy-seaside-home-that-s-built-from-clay>, 03.09.2023.
- [29] Low Cost, Low Energy House For New Orleans,  
<https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleans->

sustainableto?ad\_source=search&ad\_medium=projects\_tab&ad\_source=search&ad\_medium=search\_result\_all, 05.09.2023.

[30] Prozori od stakloplastike, <https://masterwarm.techinfus.com/hr/plastikovye-okna/iz-stekloplastika.html>, 05.09.2023.



## 9. POPIS SLIKA

**Slika 1.** Kruna ili stolno staklo

Izvor: <https://hullworks.com/the-history-of-window-glass/>, 27.07.2023.

**Slika 2.** Cilindrično puhano staklo

Izvor: <https://hullworks.com/the-history-of-window-glass/>, 27.07.2023.

**Slika 3.** Cilindrično puhano staklo

Izvor: <https://hullworks.com/the-history-of-window-glass/>, 27.07.2023.

**Slika 4.** Plutajuće staklo

Izvor: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=89>, 27.07.2023.

**Slika 5.** Zgrada i/ili kuća stanovanja

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 6.** Poslovna zgrada

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 7.** Topli rub

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 8.** Sunčevo zračenje

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 9.** uPVC presjek okvira prozora

Izvor: <https://www.hazlemere.co.uk/blog/2018/01/what-is-upvc/>, 25.08.2023.

**Slika 10.** Aluminijski presjek okvira prozora

Izvor: <https://www.livingwoodwindows.co.uk/what-are-the-advantages-of-aluminium-windows/>, 25.08.2023.

**Slika 11.** Drveni presjek okvira prozora

Izvor: <https://www.ventrolla.co.uk/knowledge/7-reasons-to-choose-timber>, 25.08.2023.

**Slika 12.** Presjek okvira prozora aluminij + drvo

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 13.** Vanjska površinska instalacija

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/HI-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 14.** Usklađena instalacija

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 15.** Centrirana instalacija

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 16.** Smanjenje sunčevih dobitaka

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 17.** Smanjenje gubitaka topline

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 18.** Izolirano ostakljenje

Izvor: [https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2\\_High-Performance-windows\\_presentation.pdf](https://hi-smart.eu/wp-content/uploads/2022/08/Hi-SMART-2.2_High-Performance-windows_presentation.pdf), 24.08.2023.

**Slika 19.** Električne rolete

Izvor: <https://hr.planeta-design.com/6637988-electric-shutters-how-they-work-prices-advice-for-purchases>, 13.08.2023.

**Slika 20.** Žaluzine

Izvor: <https://extral.hr/venecijaneri/>, 13.08.2023.

**Slika 21.** Termoizolacijska vrata stana – s dobrom toplinskom izolacijom i mogućnošću iskorištavanja dobitaka sunčevog zračenja

Izvor: <https://islamiyyat.com/66-2/crystal-glazed-grey-aluminium-rh-external-back-door-h-dd-40396026>, 15.08.2023.

**Slika 22.** Toplinski mostovi

Izvor: <https://www.cee.hr/toplinski/>, 23.08.2023.

**Slika 23.** Pojava toplinskog mosta zbog neujednačene ovojnice građevine

Izvor: <https://thermalbridgingsolutions.com/thermal-break/>, 23.08.2023.

**Slika 24.** Mineralna vuna

Izvor: <https://insulationcostsireland.com/how-much-does-airtightness-cost-in-ireland.html>, 01.09.2023.

**Slika 25.** Pjenasto staklo

Izvor: <https://hr-n.decorexpro.com/dom/uteplenie/penosteklo/>, 01.09.2023.

**Slika 26.** Poliuretanska pjena

Izvor: <https://hr-n.decorexpro.com/montazhnaya-pena/poliuretanovaya/>, 01.09.2023.

**Slika 27.** Ekspandirani polistiren

Izvor: <https://www.podovi.org/ekspandirani-polistiren-termoizolacija/>, 01.09.2023.

**Slika 28.** Zrakonepropusna ovojnica

Izvor: [https://passipedia.org/planning/airtight\\_construction/general\\_principles/principles\\_for\\_improving\\_airtightness](https://passipedia.org/planning/airtight_construction/general_principles/principles_for_improving_airtightness), 20.08.2023.

**Slika 29.** Provođenje "blower door" testa

Izvor: <https://www.greenbuildingadvisor.com/article/blower-door-basics>, 20.08.2023.

**Slika 30.** "Blower door" test

Izvor: <https://www.rsinspect.com/energy-efficiency-and-blower-door/>, 20.08.2023.

**Slika 31.** Montažna drvena kuća

Izvor: [file:///C:/Users/anama/Downloads/Influence\\_of\\_Window\\_Details\\_on\\_the\\_Energy\\_Performance.pdf](file:///C:/Users/anama/Downloads/Influence_of_Window_Details_on_the_Energy_Performance.pdf), 31.08.2023.

**Slika 32.** Godišnja energetska bilanca referentne zgrade

Izvor: [file:///C:/Users/anama/Downloads/Influence\\_of\\_Window\\_Details\\_on\\_the\\_Energy\\_Performance.pdf](file:///C:/Users/anama/Downloads/Influence_of_Window_Details_on_the_Energy_Performance.pdf), 31.08.2023.

**Slika 33.** Niskoenergetska kuća od gline

Izvor: <https://passivehouseplus.ie/magazine/new-build/the-stunning-low-energy-seaside-home-that-s-built-from-clay>, 04.09.2023.

**Slika 34.** Trostruko ostakljeni prozori

Izvor: <https://passivehouseplus.ie/magazine/new-build/the-stunning-low-energy-seaside-home-that-s-built-from-clay>, 04.09.2023.

**Slika 35.** Pogled na more

Izvor: <https://passivehouseplus.ie/magazine/new-build/the-stunning-low-energy-seaside-home-that-s-built-from-clay>, 04.09.2023.

**Slika 36.** Unutrašnjost niskoenergetske kuće

Izvor: <https://passivehouseplus.ie/magazine/new-build/the-stunning-low-energy-seaside-home-that-s-built-from-clay>, 04.09.2023.

**Slika 37.** Unutrašnjost niskoenergetske kuće,

<https://passivehouseplus.ie/magazine/new-build/the-stunning-low-energy-seaside-home-that-s-built-from-clay>, 04.09.2023.

**Slika 38.** Niskoenergetska kuća u New Orleans-u

Izvor: [https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all), 04.09.2023.

**Slika 39.** Vanjski dio kuće

Izvor: [https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all), 04.09.2023.

**Slika 40.** Unutrašnjost niskoenergetske kuće

Izvor: [https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all), 04.09.2023.

**Slika 41.** Tlocrt niskoenergetske kuće

Izvor: [https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all), 04.09.2023.

**Slika 42.** Tlocrt niskoenergetske kuće

Izvor: [https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all), 04.09.2023.

**Slika 43.** Sjeverna strana kuće

Izvor: [https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all), 04.09.2023.

**Slika 44.** Nacrt niskoenergetske kuće

Izvor: [https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/136242/low-cost-low-energy-house-for-new-orleanssustainableto?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all), 04.09.2023.