

KONCEPT I IDEJNI PROJEKT ENERGETSKI SAMOSTOJNE EKOLOŠKE KUĆE KAO ELEMENTA AUTONOMNOG SOLARNOG SELA ZA SEOSKI TURIZAM NA OTOCIMA



Zagreb, rujan 2003.



UVOD

Suvremeni pristup arhitekturi i graditeljstvu karakterizira energetska i ekološka racionalno urbanističko planiranje, projektiranje, izgradnja i rekonstrukcija građevina i naselja uz primjenu bioklimatskih projektantskih tehnika i principa pasivne i aktivne sunčane arhitekture. Stalni razvoj i napredak u projektiranju i izgradnji kuća trajni je profesionalni cilj i zadatak svakog projektanta i graditelja.

Energetski i ekološki pristup arhitekturi i urbanizmu kao dio strategije održivog razvoja, zahtijeva poznavanje mnogobrojnih složenih tema i interdisciplinarni rad na primjeni specifičnih energetske-ekoloških metoda projektiranja i graditeljskih tehnologija. Zahvaljujući suvremenim projektantskim rješenjima, energetska efikasnim materijalima i elementima opreme, ušteda energije i ekološki doprinos postaju sve značajniji.

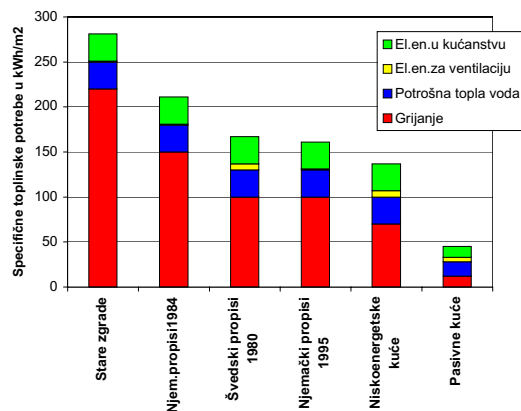
Energetski i ekološki osvješćeno graditeljstvo ima za cilj: smanjiti gubitke topline iz zgrade poboljšanjem toplinske izolacije vanjskih elemenata i povoljnim odnosom plošnja i volumena zgrade, povećati toplinske dobitke u zgradi orijentacijom zgrade i korištenjem sunčeve energije, koristiti obnovljive izvore energije, te povećati energetska efikasnost termoenergetskog sustava.

Glavni principi gospodarenja energijom u zgradarstvu bazirani na visokotehnološkim, suvremenim dostignućima su sljedeći:

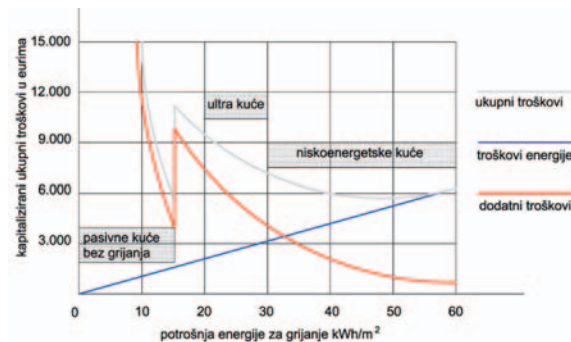
- ispravno orijentiranje i dimenzioniranje prostora unutar zgrade;
- kvalitetna toplinska izolacija vanjske opne zgrade;
- primjena energetska efikasnih ostakljenja i inteligentnih pročelja;
- energetska efikasni sustavi rasvjete, grijanja, hlađenja i provjetravanja;
- sustavi za dnevno osvjjetljenje;
- pasivni solarni elementi i sustavi;
- aktivna solarna postrojenja;
- energetska i ekološka efikasni građevinski materijali i elementi.

Koncept pasivne kuće kao kuće bez aktivnog sustava za zagrijavanje, ili kao energetska samostojne kuće vrlo je zanimljiv u kontekstu razvoja hrvatskih otoka i turizma na njima. Poseban problem energetike na otocima je struktura utrošenih energenata, odnosno vrlo velika zastupljenost el. energije za podmirivanje toplinskih potreba kao i ogrijevno drveta u kućanstvima, te mazuta i lož ulja u uslugama i industriji.

S obzirom na osnovne ciljeve energetskeog razvoja Republike Hrvatske, sigurnost i pouzdanost buduće opskrbe energijom ne mogu se temeljiti na spomenutim energentima. Diverzifikacija energetske izvora uz korištenje obnovljivih izvora energije, te poticanje povećanja energetske efikasnosti nužni su preduvjeti za razvoj efikasno, ekonomski i ekološki prihvatljivog energetskeog sustava na otocima.



Slika 1. Specifične toplinske potrebe u kWh/m² od starih zgrada do pasivnih kuća



Slika 2. Grafički prikaz ekonomske isplativosti gradnje pasivnih kuća

DEFINICIJA PASIVNE KUĆE

Pasivna kuća se danas može definirati kao građevina bez aktivnog sustava za zagrijavanje konvencionalnim izvorima energije. Popularno se naziva i kuća bez grijanja ili jednolitarska kuća, jer se energetska potrošnja takve kuće može izraziti samo jednom litrom lož ulja po m² godišnje. Godišnja potreba za zagrijavanje suvremene pasivne kuće kreće se oko 15 kWh/m² i manje, a ukupne energetske potrebe za grijanje, potrošnu toplu vodu i el. energiju iznose manje od 42 kWh/m², što je manje od 1/10 prosječnih potreba konvencionalne gradnje danas. Pasivne kuće trebaju oko 80% manje topline za grijanje od novih kuća projektiranih prema njemačkim standardima iz 1995. godine. Ukidanjem konvencionalnog sustava grijanja pasivna kuća ostvaruje dodatne uštede i postaje ekonomski isplativa.

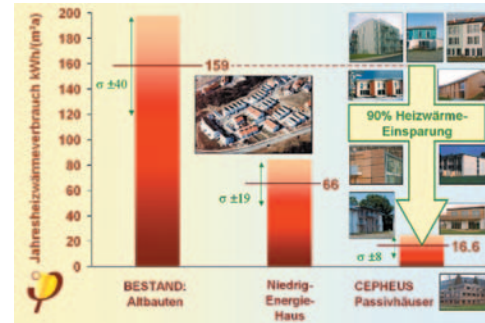
Osnovna ideja pasivne kuće je da se oblikovanjem, orijentacijom i visokim nivoom toplinske izolacije vanjske opne kuće, uz kvalitetnu ventilaciju prostora, stvori optimalna kuća koja ne treba konvencionalne izvore grijanja. Dakle, pravilo za uspješno projektiranje i optimiziranje pasivne kuće je:

- minimizirati gubitke topline iz kuće;
- maksimizirati dobitke topline u kuću;
- dovesti optimalnu količinu svježeg zraka sustavom prisilne ventilacije, uz rekuperaciju dijela energije iz iskorištenog zraka.

Koeficijent prolaza topline za sve građevne presjeke vanjskog omotača ne smije biti veći od 0,15 W/m²K, a prozora i vanjskih vrata 0,80 W/m²K. Za energetske prihode od pasivnog zahvata sunčevog zračenja potrebna je što veća otvorenost južnog pročelja, uz izuzetno visoku razinu toplinske izolacije cijele vanjske ovojnice, kao i visoku zrakotijesnost uz kontroliranu ventilaciju. Za grijanje i potrošnu toplu vodu koriste se termički kolektori.

Donedavno se smatralo da potrošnja ispod 50 kWh/m² previše poskupljuje dodatne investicije. Tada je dokazano da ako godišnje toplinske potrebe u zgradi smanjimo ispod 15 kWh/m² tada možemo izostaviti ugradnju konvencionalnog sustava grijanja. Sredstva uštedjena na taj način mogu se investirati u dodatno poboljšanje izolacije vanjske ovojnice kuće, te u ventilacijske sustave i još uvijek možemo imati manju početnu investiciju nego kod niskoenergetskih kuća. S takvom pasivnom kućom uštede su izuzetno velike, a smanjenje emisije štetnih plinova svedeno na minimum.

Brojni realizirani projekti pasivnih kuća u Europi pokazali su da dodatne investicije u toplinsku izolaciju i ventilaciju, kompenzirano smanjenim ulaganjima u tehniku grijanja, dovode do prosječnog povećanja ukupnih troškova gradnje od oko 10%. Računajući da će se ta dodatna ulaganja kroz minimalne troškove grijanja amortizirati u prvih 10 godina korištenja kuće, dolazi se do jasnih rezultata koji ukazuju na



Slika 3. Demonstracijski program CEPHEUS - Cost Efficient Passive Houses as European Standards na brojnim primjerima pokazao je koliko su velike uštede u pasivnim kućama u odnosu na konvencionalnu gradnju



Slika 4. Obiteljska kuća - LANDSHUT (D)
Ukupne toplinske potrebe: 17,5 kWh/m² godišnje



Slika 5. Obiteljska kuća - AUGGEN (D)
Ukupne toplinske potrebe: 14,5 kWh/m² godišnje

ekonomsku opravdanost ovakve gradnje. Ne treba zaboraviti da je glavni pozitivni efekat pasivne kuće zaštita okoliša.

Energetska efikasnost, korištenje obnovljivih izvora energije i zaštita okoliša, najaktualnije su teme na početku novog tisućljeća. Stalni porast cijene energenata i činjenica da su konvencionalni izvori energije ograničeni i iscrpljivi, te razvoj svijesti o uštedi energije i zaštiti okoliša, dovodi pitanje energetske efikasnosti u zgradarstvu i korištenja obnovljivih izvora energije u kućama, na vrlo bitno mjesto u razvijenom svijetu.

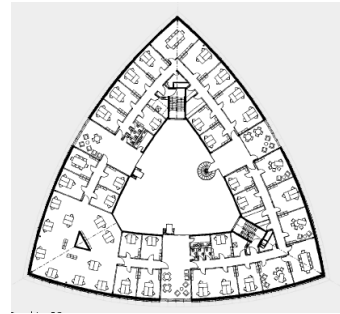
Uspješni dizajn pasivne kuće podrazumjeva promatranje kuće kao jedinstvene cjeline raznih komponenti koje zajedno tvore optimalnu cjelinu u svako godišnje doba. Opskrba svježim zrakom, grijanje, hlađenje, svjetlo i naravno vanjski omotač zgrade moraju formirati ugodan i funkcionalan prostor za život.

ZAKONSKI PROPISI IZ PODRUČJA GRADITELJSTVA, UŠTEDE ENERGIJE I TOPLINSKE ZAŠTITE U EU

Za energetska svojstva zgrada temeljne su dvije Smjernice Europske unije: tzv. SAVE Smjernice 93/76/EEC izrađene u sklopu SAVE programa Europske unije, te Smjernice za građevinske proizvode. Smjernica Vijeća Europe za građevinske proizvode 89/106 EEC propisuje uštedu energije i toplinsku zaštitu kao jedan od šest bitnih zahtjeva za građevinu.

Smjernice 93/76/EEC, obvezuju sve zemlje Europske unije da izrade i implementiraju programe za šest specifičnih područja u cilju poboljšanja energetske efikasnosti. Međutim, važno je napomenuti da su Smjernice 93/76/EEC donesene u sasvim drugom političkom kontekstu, prije Kyoto protokola i prije prepoznavanja realne opasnosti od sve veće ovisnosti zemalja EU o uvozu energenata. Iako su doprinosi Smjernica neosporni, u ovom trenutku one više nisu potpuno adekvatne za postizanje ciljanih energetske ušteda u zgradama.

Zbog slabih rezultata navedenih Smjernica, Europska komisija morala je pokrenuti niz daljnjih akcija za provođenje mjera energetske efikasnosti, smanjenje ukupne potrošnje energije, porast učešća obnovljivih izvora u ukupnoj energetske potrošnji i zaštite okoliša. Dugoročni cilj EU objavljen je 1997. godine u dokumentu "White paper for a Community Strategy and Action Plan". U studenom 2000. Europska komisija objavila je tzv "Green paper" kao platformu neophodnih akcija u području energetike.



Slika 6. ENERAGON - poslovna zgrada pasivnog standarda u Ulmu (D)



Slika 7. Pogled prema zgradi

Kompaktna zgrada na 5 etaža sa oko 7.000 m² površine, završena je krajem 2002. godine.

Kompaktan volumen i izuzetno visoki nivo toplinske zaštite omogućili su da su ukupne god. toplinske potrebe svedene na manje od 15 kWh/m².

Vanjski zid - $U=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$

Krov - $U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pod na tlu - $U=0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$

Prozori - trostruko ostakljenje $U=0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$,
ostakljenje atrija $U=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zgrada je dobila certifikat pasivne kuće, izdan od strane Passivhaus instituta u Darmstadt. Godišnje toplinske potrebe iznose 12 kWh/m², a ukupne energetske potrebe za grijanje, toplu vodu, ventilaciju i el. energiju (osnovna rasvjeta) iznose 67 kWh/m² godišnje.

“Green paper” zahtijeva promjene u navikama potrošača sa svrhom smanjenja potrošnje energije, npr. izgradnjom energetski efikasnijih zgrada, zahtijeva intenziviranje istraživanja, razvoja i korištenja obnovljivih izvora energije, te konkretizira podršku za sve te aktivnosti kroz nove zakonske akte i financijske stimulanse. U tom temeljnom dokumentu nazvanom Zeleni dokument “Prema Europskoj strategiji za sigurnost energetske opskrbe” (Green Paper “Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply”), Europska je komisija istaknula ključne momente:

Ako se u Europskoj uniji zadrži trenutni trend rasta energetske potrošnje, EU će prema provedenim analizama, do 2030., uvoziti 70% energije, za razliku od sadašnjih 50%;

U ovom momentu, emisija stakleničkih plinova u Europi je u porastu, i ako se trend nastavi, zemlje članice EU neće biti u stanju poštovati Kyoto protokol, prema kojem bi se emisije šest stakleničkih plinova trebale u razdoblju od 2008. do 2012. smanjiti za prosječno 5,2% u odnosu na 1990. godinu.

Navedeni ključni momenti predstavljaju jak razlog za provođenje svih raspoloživih mjera energetske efikasnosti u cilju smanjenja potrošnje energije i zaštite okoliša u najvećoj mogućoj mjeri. Zeleni dokument zaključuje, da sve dosadašnje akcije, aktivnosti i programi Europske komisije u suradnji s brojnim energetskim institucijama u zemljama članicama, na uvođenju i implementaciji novih standarda energetske efikasnosti u zgradarstvo nisu postigle željene rezultate u većini zemalja članica EU. Iz tog je razloga, neophodno naglasiti konkretne mjere, od kojih je jedna od najvažnijih - strogo odrediti jasan, legislativni okvir za reduciranje energetske potreba u zgradama.

Krajem 2002. godine Europski parlament je donio Smjernicu 2002/91 EC o energetskim svojstvima zgrada (“Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of the buildings”), kojom je nametnuo obvezu štednje energije u zgradama Europske unije kao i državama kandidatkinjama.

Ukupni potencijal energetske uštede u zgradama Europske unije (za grijanje, pripremu tople vode, hlađenje i rasvjetu) je procijenjen na cca 22% sadašnje energetske potrošnje do 2010.g.

Iako smjernice prvenstveno govore o energetskim svojstvima zgrade, naglasak je na cjelovitom sustavu, koji osim toplinske izolacije obuhvaća i grijanje, ventilaciju, korištenje obnovljivih izvora i cjelokupni dizajn zgrade.

U mnogim zgradama postoji mogućnost uštede energije i smanjenja štetnih emisija CO₂ kombiniranom primjenom kvalitetne izolacije vanjske ovojnice zgrade i nove generacije energetske instalacije bezopasnih za okoliš. Veliki potencijal uštede postiže se pravilnom orijentacijom zgrade i primjenom bioklimatskih tehnika projektiranja.

Sve to opravdava uvođenje mjera energetske efikasnosti u postojeće zgrade, te gradnju niskoenergetskih i pasivnih kuća.

Smjernica 2002/91 EC o energetskim svojstvima zgrada utvrđuje pet bitnih elemenata:

1. Zajednička metodologija za proračun energetske karakteristike zgrada;
2. Primjena minimalnih standarda energetske efikasnosti za nove zgrade;
3. Primjena minimalnih standarda energetske efikasnosti za postojeće zgrade prilikom većih rekonstrukcija;
4. Uvođenje Energetskih certifikata (Energetskih iskaznica) za sve izgrađene zgrade, zgrade koje se prodaju ili iznajmljuju, s valjanošću 10 g., energetski certifikati za javne zgrade moraju biti izloženi na vidljivim mjestima u zgradi
5. Redoviti nadzor i ocjenjivanje sustava za grijanje i hlađenje

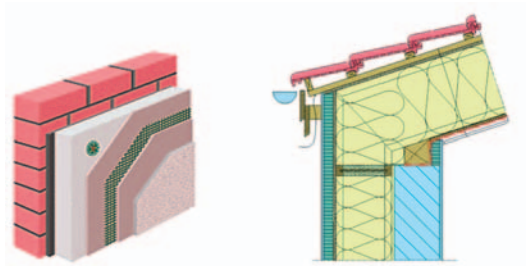


PASIVNI SOLARNI SUSTAVI – TEHNIKE I MATERIJALI

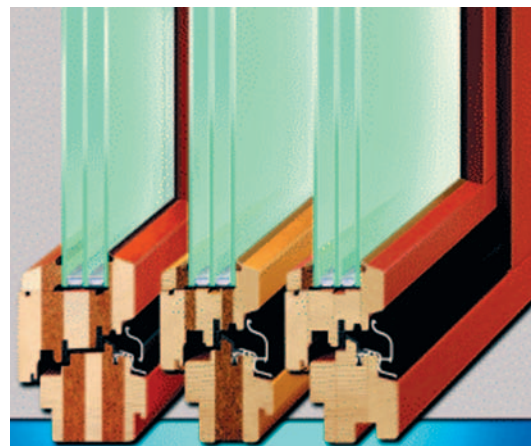
Dobro poznavanje toplinskih svojstava građevinskih materijala osnovni je preduvjet za projektiranje i planiranje energetski efikasnih zgrada, kao i za racionalizaciju potrošnje u stambenom i javnom sektoru. Toplinski gubici kroz građevni element između ostalog ovise o sastavu građevnog elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske provodljivosti specifičnom za svaki materijal. Toplinska provodljivost ovisi o kemijskom sastavu, gustoći materijala, poroznosti, temperaturi i vlažnosti materijala. Bolju toplinsku izolaciju postizemo ugradnjom materijala niske toplinske provodljivosti, odnosno visokog toplinskog otpora. Toplinski otpor materijala povećava se obzirom na debljinu materijala. Koeficijent prolaza topline k (U) je količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m^2 površine kod razlike temperature od 1K, izraženo u W/m^2K . Koeficijent k (U) je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplinskih gubitaka, a time i potrošnje energije za grijanje. Što je manji koeficijent prolaza topline to je bolja toplinska zaštita zgrade.

Za dimenzioniranje učinkovite toplinske zaštite građevina, uz poznavanje osnovnih karakteristika toplinsko-izolacijskih materijala nužno je poznavati građevinsko-fizikalne i klimatske uvjete na mjestu gradnje. Osim toga, za pravilnu je primjenu neophodno poznavanje međusobnih odnosa različitih materijala u dijelovima građevine i građevinskim konstrukcijama. Toplinsko-izolacijski materijali u graditeljstvu, u pravilu su materijali čije su pore ispunjene zrakom, a primjenjuju se u jednoslojnim i višeslojnim vanjskim konstrukcijama građevina.

Prozori i vanjski zid igraju veliku ulogu u toplinskim gubicima zgrade, jer zajedno čine oko 70% ukupnih gubitaka kroz ovojnicu zgrade. Gubici kroz prozore obično su deset i dvadeset puta veći od onih kroz zidove, pa je jasno koliku važnost igra energetska efikasnost prozora u ukupnim energetskim potrebama kuće. Dok se na starim zgradama koeficijent $k(U)$ prozora kreće oko $3,00 W/m^2K$, europska zakonska regulativa propisuje sve niže i niže vrijednosti, a prema našem novom Pravilniku o toplinskoj zaštiti i uštedi energije najveći dozvoljeni koeficijent $k(U)$ prozora trebao bi iznositi $1,80 W/m^2K$. Na suvremenim niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između 1,1, i 0,80 pa i manje. U ukupnim toplinskim gubicima prozora sudjeluju staklo i prozorski profili. Prozorski profili, neovisno o vrsti materijala od kojeg se izrađuju, moraju osigurati dobro brtvljenje, jednostavno otvaranje i nizak koeficijent prolaza topline. Stakla se danas izrađuju kao izolacijska stakla, dvoslojna ili troslojna, s različitim plinovitim punjenjem ili premazima koji poboljšavaju njihove toplinske karakteristike.



Slika 8. Dobra toplinska izolacija vanjske opne i izbjegavanje toplinskih mostova preduvijet je energetski efikasne kuće



Slika 9. Drveni prozorski okviri s trostrukim izo staklom

Prozorski okviri danas se najviše izrađuju od drveta, aluminija, čelika, PVC-a i kombinacije navedenih materijala. Okviri od svih navedenih materijala danas teže što boljoj toplinskoj izolaciji i smanjenju koeficijenta prolaza topline k , kako bi se toplinski gubici smanjili na minimum, što doprinosi uštedi energije i zaštiti okoliša.

SUSTAVI ZA PRIHVAT I ZAŠTITU OD SUNCA

Kod analize energetske svojstava prozorskih okvira i stakla, važno je naglasiti da energetska efikasnost ne ovisi samo o postizanju što nižeg koeficijenta prolaza topline kod prozora. U suvremenoj arhitekturi puno pažnje se posvećuje prijehu sunca i zaštiti od pretjeranog osunčanja, jer se i pasivni dobici topline moraju regulirati i optimizirati u zadovoljavajuću cjelinu.

Pooštrenjem propisa vezanih uz toplinsku zaštitu i uštedu energije, osim toplinske izolacije vanjske opne zgrade važnu ulogu u optimiranju energetske efikasne i pasivne kuće preuzimaju i sustavi za zaštitu od pretjeranog osunčanja ljeti, tj. za zasjenjivanje.

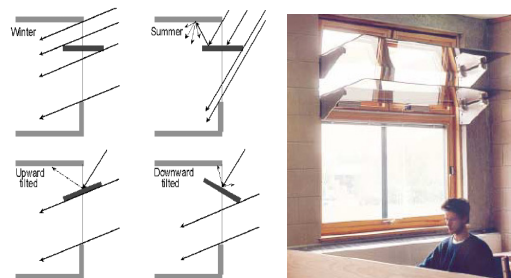
U cilju djelotvorne zaštite od preintezivnog osvjjetljenja primjenjuju se sljedeća rješenja:

- arhitektonska geometrija: zelenilo, trijemovi, strehe, nadstrešnice, balkoni i dr.;
- elementi vanjske zaštite od sunca: razni pokretni i nepokretni brisoleji, vanjske žaluzine, rolete, tende, inteligentna pročelja, suvremena ostakljenja i dr.
- elementi unutarnje zaštite od sunca: rolete, žaluzine, roloi, zavjese
- elementi unutar stakla za zaštitu od sunca i usmjeravanje svjetla
- holografski elementi, reflektirajuća stakla i folije, staklo koje usmjerava svjetlo, staklene prizme i dr.

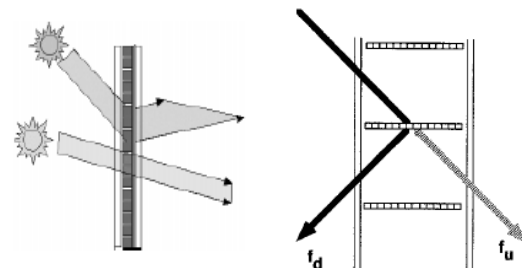
Njihova je funkcija da usmjere dnevno svjetlo tamo gdje je ono potrebno, bez pretjeranog blještanja i osunčanja. Suvremeni tzv. "daylight" sustavi koriste optička sredstva da bi potakli refleksiju, lomljenje svjetlosnih zraka, ili za aktivni ili pasivni prihvati svjetla. Stoljećima je dnevno svjetlo bilo jedini izvor svjetla u kućama. Unutrašnjost kuće dizajnirala se tako da svaka prostorija primi dovoljno dnevnog svjetla. Efikasni izvori umjetne rasvjete i moderna arhitektura s puno stakla dala je slobodu arhitektima. Suvremeni sistemi kontrole prolaska svjetla i upravljanja dnevnim osvjjetljenjem novi su doprinosi energetske efikasnosti i održivom razvoju. Ti sistemi danas se uključuju u arhitekturu u fazi najranijeg projektiranja.



Slika 10. PVC i aluminijски prozorski okviri



Slika 11. Svjetlosne police za preusmjeravanje dnevnog svjetla



Slika 12. "Laser cut" paneli

ARHITEKTONSKO OBLIKOVANJE KUĆE U FUNKCIJI OPTIMIZACIJE PASIVNIH I AKTIVNIH SOLARNIH SUSTAVA

Pasivna kuća je pažljivo arhitektonsko-građevinski, te termodinamičko-ekonomski izbalansirana kuća. Prije projektiranja konkretne građevine potrebno je analizirati prirodne karakteristike parcele, klimatske uvjete, i eventualne utjecaje izgrađene okoline. Orijentacijom i oblikom kući se mora omogućiti maksimalno osunčanje, izbjeći svako nepoželjno zasjenjenje, izloženost udarima vjetra, i dr.

U pasivnoj kući su energetske potrebe za zagrijavanje prostora pokrivene već opisanim standardom gradnje. Sve ostale energetske potrebe - za zagrijavanje potrošne tople vode i el. energija mogu se pokriti solarnom energijom, tj. aktivnim termičkim i fotonaponskim sustavima.

Pod standardom pasivne kuće danas podrazumijevamo: smanjiti toplinske gubitke kroz ovojnicu zgrade na minimalnu mjeru, maksimalno povećati toplinske dobitke u kuću i osigurati kvalitetnu ventilaciju. Da bi se stambena kuća mogla izgraditi bez aktivnog konvencionalnog sustava grijanja treba smanjiti ukupne potrebe za grijanjem prostora, dakle transmisivske i ventilacijske gubitke na ispod 15 kWh/m² godišnje.

Predviđeni cilj energetske potrošnje moguće je postići odabirom prosječnog koeficijenta prolaza topline

$$k(U) < 0,10 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K},$$

a za prozore i druga ostakljenja

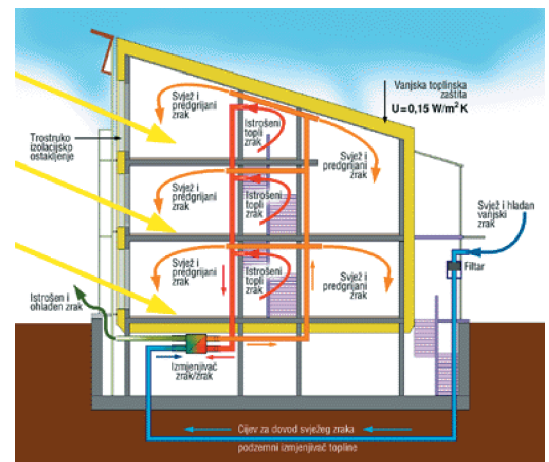
$$k(U) < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K},$$

te uz broj izmjena zraka na sat manji od 0,6.

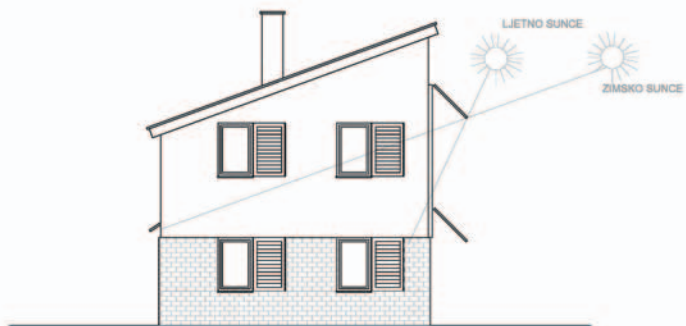
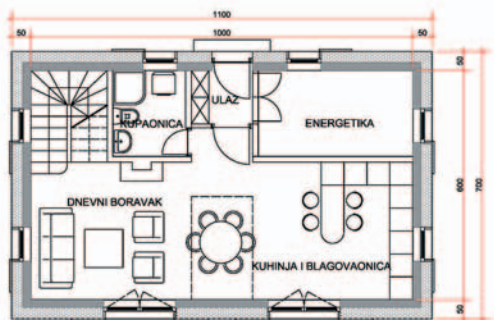
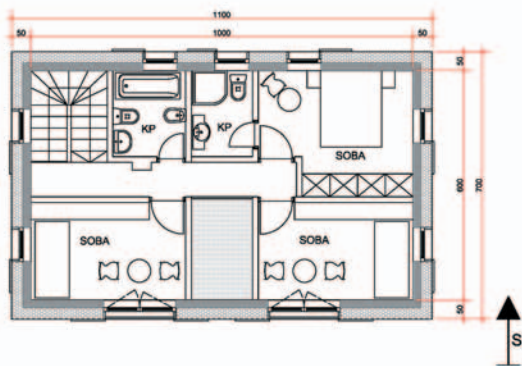
Kod preporuka za arhitektonsko oblikovanje kuće treba naglasiti da uz poštivanje osnovnih smjernica pasivne kuće projektant može imati potpunu slobodu u projektiranju. Cilj pasivne kuće nije tipizirati i unificirati arhitektonsko oblikovanje već naprotiv ponuditi što inventivnije rješenje s pažljivo usklađenim i optimiranim sustavom.

Smjernice za projektiranje su:

- dovoljna udaljenost od drugih kuća za prihvat niskog zimskog sunca
- kuću otvoriti prema jugu, a zatvoriti prema sjeveru
- kompaktan volumen zgrade, s ograničenom dubinom
- kvalitetan sustav zaštite od ljetnog sunca
- visoki stupanj toplinske izolacije cijele građevne opne
- izbjegavati toplinske mostove
- smjestiti pomoćne prostorije na sjeveru
- povezati međusobno grijane prostorije
- skratiti duljine cjevovoda za grijanje i toplu vodu da bi se smanjili gubici i pojačati izolaciju
- zoniranje i podjela prostorija prema korisnim zonama slične unutarnje temperature
- predvidjeti mehaničku prisilnu ventilaciju prostora
- dati mogućnost predgrijavanja zraka prije ulaska u prostor
- preporuča se kontrolirani dovod i odvod zraka s podzemnim izmjenjivačem topline i sa rekuperacijom topline iz iskorištenog zraka
- odabrati nisku temperaturu sustava grijanja i kombinirati ga s obnovljivim izvorima energije
- ugraditi vremenske regulatore
- planirati solarni sustav za grijanje i potrošnu toplu vodu
- ukupne toplinske potrebe svesti ispod 15 kWh/m²
- po završetku izgradnje, provjeriti kvalitetu gradnje termografskim snimanjem
- provjeriti i pregledati sve ugrađene uređaje



Slika 13. Shema funkcioniranja pasivne kuće



Slika 14. Idejni projekt energetske samostojne kuće za seoski turizam na otocima



Slika 15. *Vizualizacija pasivne kuće na dalmatinskom otoku*

KONCEPT ENERGETSKI SAMOSTOJNE KUĆE NA OTOKU - ARHITEKTURA

U ovoj studiji prikazan je koncept i idejni projekt jedne pasivne kuće i primjenjivost tako optimirane kuće za razvoj seoskog turizma na poljoprivrednom zemljištu u uvjetima gdje ne postoji mogućnost priključka na komunalnu infrastrukturu, vodu, odvodnju, grijanje i el. energiju. Više nego deseterostruko smanjenje toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu kuće postiglo se niže navedenim sastavom zidova, krova i poda. Za prosječni koeficijent $U(k)$ koji u našem primjeru iznosi $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, te toplinske dobitke koji su za ovo podneblje vrlo visoki, možemo očekivati ukupne godišnje toplinske potrebe ispod 15 kWh/m^2 .

$$Q_{\text{ukupno}} = (Q_{\text{trans}} + Q_{\text{vent}}) - Q_{\text{dobici}} < 15 \text{ kWh/m}^2$$

Kuća je zamišljena kao jednostavan, kompaktan volumen tlocrtne neto površine 6×10 metara. Organizacija unutar kuće je proizvoljna zahvaljujući konstruktivnom rasponu od 6 metara unutar kojeg je moguće kreirati raspored kakav želimo. Kuća se u ovoj studiji razmatra kao samostalni objekt, pa treba naglasiti da svako grupiranje takvih kuća i formiranje tzv. solarnog sela može doprinjeti znatnoj uštedi kod ugradnje potrebne opreme.

Gradnja kuće predviđa se klasično, samo sa znatno poboljšanim nivoom toplinske izolacije i visokokvalitetnim prozorima s troslojnim izo staklom. Krov je jednostrešan, pokrov kupa kanalice, nagib krova 20° , što odgovara kutu upada zraka zimskog sunca. Fotonaponske ćelije imaju i ulogu horizontalnih brisoleja na fasadi za zaštitu od ljetnog sunca. Termički kolektori smješteni su vertikalno na fasadi, u sklopu zida. U slučaju grupiranja takvih kuća, moguće je smjestiti grupe kolektora van kuće, u sklopu nadstrešnice za automobile ili slično.

Prozori su izrađeni od PVC profila visoke termičke kvalitete, s bezolovnim ekološki prihvatljivim Zn-Ca stabilizatorom u PVC smjesi, s pocinčanim čeličnim ojačanjem, koji s ugrađenim troslojnim izo staklom dodatno punjenim argonom daju ukupni koeficijent prolaza topline $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$.

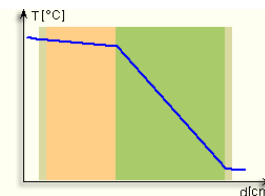
Znatno manji koeficijenti prolaza topline kroz vanjsku ovojnicu kuće, te visokokvalitetni prozori smanjuju transmisijske i ventilacijske gubitke na minimum. Kad se još dodaju toplinski dobitci koji su znatni, pretpostavlja se da bi ovakva kuća godišnje trošila manje od 15 kWh/m^2 toplinske energije. Zahvaljujući tako maloj potrošnji, nije potrebna ugradnja konvencionalnog sustava grijanja, što znatno umanjuje troškove gradnje, a naravno i višegodišnjeg održavanja.

U samom oblikovanju kuće težilo se napraviti modernu i privlačnu kuću, energetski neovisnu, s tradicionalnim elementima u arhitekturi. Takva kuća za seoski turizam privlačna je kroz cijelu godinu i može zadovoljiti i najzahtjevnije posjetitelje.

1. VANJSKI ZID 1:

- produžna žbuka $2,00 \text{ cm}$
 - šuplja blok opeka $19,00 \text{ cm}$
 - Tervol PTP $30,00 \text{ cm}$
 - polimerno cementno ljepilo $0,50 \text{ cm}$
 - plemenita fasadna žbuka $1,00 \text{ cm}$
- ili kamen s ventiliranim slojem

$$k(U) = 0,121 \text{ [W/m}^2\text{K]} < k_{\text{doz}} = 1,200 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$



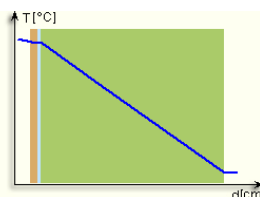
Slika 16. Temp.krivulja

2. POD NA TLU:

- ker. pločice $1,00 \text{ cm}$
 - polimerno cementno ljepilo $1,00 \text{ cm}$
 - plivajući cementni estrih $8,00 \text{ cm}$
 - polietilenska folija
 - Tervol TPS $24,00 \text{ cm}$
 - bit. traka sa stakl. voalom $1,00 \text{ cm}$
 - betonska podloga 12 cm
 - nabijeni šljunak 30 cm i više
- $$k=0,138 \text{ [W/m}^2\text{K]} < k_{\text{doz}} = 0,900 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

3. KROV:

- kupa kanalice na letvama
 - hidroizolacija
 - daščana oplata $2,40 \text{ cm}$
 - ventilirani sloj zraka $4,00 \text{ cm}$
 - Tervol KP $20,00 \text{ cm}$
 - Tervol DP-3 $10,00 \text{ cm}$
 - Tervol stopair $0,50 \text{ cm}$
 - gips kartonske ploče $1,20 \text{ cm}$
- $$k=0,123 \text{ [W/m}^2\text{K]} < k_{\text{doz}} = 0,750 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$



Slika 17. Temp. krivulja

KONCEPT ENERGETSKI SAMOSTOJNE KUĆE NA OTOKU - ENERGIJA

Proračun energetske potreba

Ukupne energetske potrebe kućanstva dobivaju se zbrajanjem potrošnje energije pojedinog uređaja.

Uz rezervu od 20% , ukupna godišnja potrošnja električne energije je 1300 kWh.

Tabelarni prikaz potrošnje u samostojnoj kući

Uređaj	Napajanje	Snaga [W]	Energ./mjes. [kWh]	Udarana snaga [W]
Stroj za pranje rublja	AC	2200	7,2	3500
Stroj za pranje posuđa*	AC	200	7,0	500
Glačalo	AC	1000	4,0	2500
Televizija glavna	AC	46	9,5	250
Televizija dodatna	AC	33	4,7	250
Satelitski prijemnik	AC	15 (3)	4,3	50
Video recorder	AC	15 (1)	1,2	50
Hi-Fi linija	AC	15 (1)	3,3	50
Računalo	AC	45 (1)	4,1	100
Rasvjeta	AC	60	9,2	100
Pumpa hidrofor	DC	156	2,0	-
Pumpa sunčani kol.	DC	30	4,5	-
Mikrovalna pećnica	AC	600	3,7	100
Usisavač prašine	AC	600	2,7	1500
Espresso aparat	AC	900	2,7	1500
Razni kuć. uređaji	AC	300	1,8	600
Sušilo za kosu	AC	1000	3,0	1500
Ručni električni alati	AC	600	2,7	2500
Ventilacijski sustav	AC	120	12,0	240
Maks. udarna snaga				3500
Ukupna mj. potrošnja			89,6	
Ukupna god. potrošnja			1075,2	
Projektna god. potrošnja (faktor sigurnosti 20%)			1300,0	

Električna energija

Energetske potrebe u kućanstvu mogu se značajno smanjiti primjenom sljedećih mjera:

1. Upotreba energetske efikasne opreme
2. Korištenje plina za napajanje "toplinskih" uređaja (štednjaka i hladnjaka)
3. Spajanje stroja za pranje rublja i stroja za pranje posuđa na toplu vodu (proizvedenu u sunčanim kolektorima ili kogeneracijom)
4. Upotreba istosmjernih pumpi za vodu (hidrofor i pumpe sunčanog kolektora)

Izvedba sustava za napajanje električnom energijom

Energetski efikasnim kućanskim uređajima, energetski efikasnom arhitekturom, te rekuperacijom topline potrošne tople vode i ventilacijskog zraka, potrošnja energije se može smanjiti na samo mali dio energije koje danas troši prosječno kućanstvo. Električna energija se može osigurati hibridnim sustavom sa sunčanim ćelijama i akumulatorom, sa raspoloživošću do 95%. Sunčani kolektori mogu proizvoditi toplinu za veći dio godine, međutim u hladnijem dijelu je potrebno osigurati dodatni izvor topline za zagrijavanje prostora i tople vode. Također je potrošnja električne energije nešto veća zbog većih potreba za rasvjetom i provođenja više vremena u zatvorenom prostoru. Dakle, zimi je potreban dodatni izvor i topline i električne energije.

Jedini način da se energija osigura u svim uvjetima i u svakom trenutku je korištenje dodatnog električnog generatora na fosilna goriva. Mali električni generatori su izuzetno neefikasni u proizvodnji električne energije, i kemijsku energiju goriva pretvaraju u električnu energiju s efikasnošću od 23-30%. Ostatak se gubi kao toplina, koja se može iskoristiti uspostavom kogeneracijskog sustava (u našem slučaju radi se o mikrokogeneraciji). Na tržištu ne postoje sustavi koji bi zadovoljili tehničke i troškovne potrebe, pa je kogeneraciju potrebno ostvariti prilagodbom malog generatora električne energije.

Izbor goriva

Za konkretnu primjenu u obzir dolaze tri vrste goriva, bezolovni motorni benzin BMB-95, eurodizel i ukapljeni naftni plin (UNP). Motorni benzin je neprikladno gorivo za transport i skladištenje, izuzetno lako zapaljivo, otrovno i kancerogeno. Generatori na motorni benzin su vrlo jeftini i dostupni i nemaju probleme sa startanjem na hladnijem vremenu. Dizel generatori su obično znatno skuplji i kvalitetniji strojevi, nešto učinkovitiji, no zahtijevaju više ulaganja u održavanje. Tekuća goriva su uvijek veliki ekološki problem jer postoji mogućnost zagađenja prilikom dovoza, pretakanja ili skladištenja goriva.

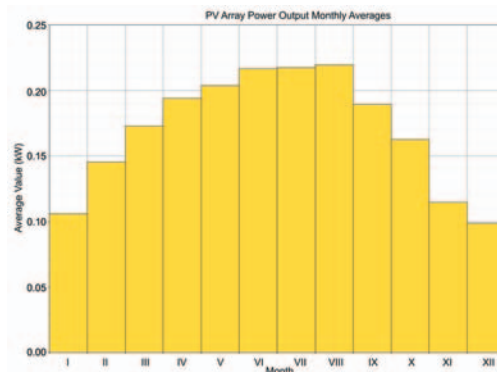
Generator na motorni benzin se vrlo lako može prilagoditi za rad na ukapljeni naftni plin, uz gubitak snage motora od 10-15% i nešto smanjenu efikasnost. UNP je s ekološke strane najkvalitetniji izbor, kako u pogledu emisije ispušnih plinova tako i mogućnosti istjecanja goriva i zagađenja tla. Kako je UNP potreban u kući za druge potrebe (kuhanje, hladnjak) dodatna prednost se ostvaruje potrebom kućanstva za samo jednom vrstom goriva. UNP se skladišti u malim spremnicima od 750, 1000 i 2000 kg, a cijena plina uz uključenu dostavu iznosi 65% cijene plina isporučenog u malim plinskim bocama (10 i 35 kg).

Ukoliko se generator pogoni na dizelsko gorivo, plin za kuhanje je potrebno osigurati periodičnom dostavom malih plinskih boca.

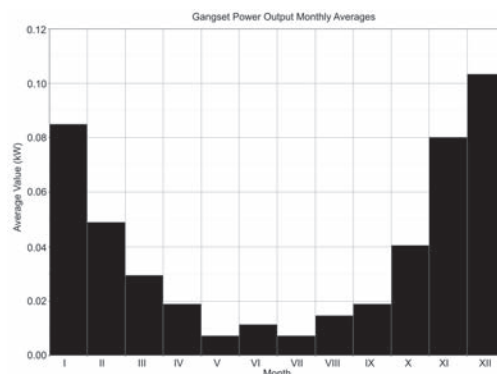
Izbor generatora

Toplinsku energiju mikrokogeneracija može osigurati s 300-400 sati rada godišnje. Isto tako, najefikasnija proizvodnja električne energije u hibridnom sustavu sa sunčanim ćelijama se ostvaruje s 250-400 sati rada godišnje. Veći broj sati rada nije prihvatljiv zbog potrošnje goriva, buke i održavanja motora. Većina generatora na tržištu predviđena je samo za povremeni rad uz životni vijek od 2-5000 sati rada. Robusniji, industrijski generatori imaju značajno višu cijenu. Trajnost motora određena je i brojem okretaja. Motori s 1500 o/min su u pravilu trajniji od generatora na 3000 o/min, a također proizvode manje buke i vibracija. Međutim, napredak motora u industriji motorkotača doveo je i tu granicu u pitanje. Tako na primjer, novi generatori Honda s vodenim hlađenjem na 3000 o/min su trajniji od većine generatora na 1500 o/min, a proizvode u snagama 5kW i većim. Zrakom hlađeni generatori su znatno bučniji od vodeno hlađenih, zahtijevaju dodatni sustav dovoda zraka za hlađenje (ako su smješteni u zatvorenoj prostoriji) a kogeneracija je nespretna zbog prijenosa topline zrakom. Zrakom hlađeni motori imaju trajnost do 1500 sati.

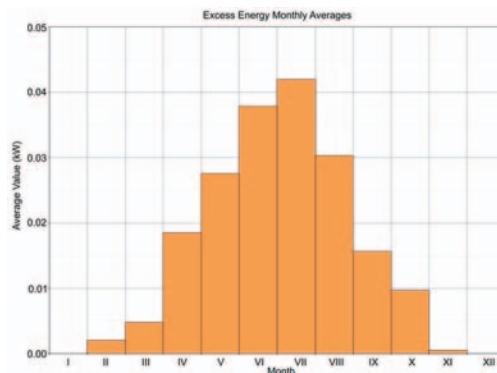
Dakle, izbor se svod na najmanji generator hlađen vodom, na primjer Honda EX5500.



Slika 18. Dijagram prosječnih mjesečnih snaga sunčanih ćelija



Slika 19. Dijagram prosječnih mjesečnih snaga generatora



Slika 20. Dijagram prosječnih mjesečnih viškova snage

Izvedba kogeneracije

Prilagodbu motora potrebno je izvesti tako da se postojeći hladnjak motora odspoji i smjesti izvan prostorije kako bi mogao odbacivati toplinu pri radu u ljetnim mjesecima. Postojeću pumpu za rashladnu tekućinu treba prespojiti tako da cirkulira vodu od motora do izmjenjivača topline smještenog u spremniku tople vode. Spremnik tople vode od npr. 400 litara može akumulirati oko 20 kWh topline, uz porast temperature s 40 na 85° C. Ukoliko je temperatura spremnika viša od 85°C ventil na strani spremnika tople vode se zatvara, a ventil vanjskog hladnjaka se otvara .

Time se iskorištava samo toplina rashladne vode (oko 2/3 raspoložive topline) dok se toplina ispušnih plinova (oko 1/3 raspoložive topline) odbacuje kroz dimnjak. U praksi to znači da tako spojen generator na svakih 1 kW proizvedene električne energije proizvodi i 1,5 kW topline. Sustav radi u otočnom režimu tako da zadovoljava i toplinske i električne potrebe kuće, no obično se generator gasi kada prestane potreba za električnom energijom.

Kompjuterskim programom HOMER Pro v. 1.52 optimiziran je sljedeći sustav:

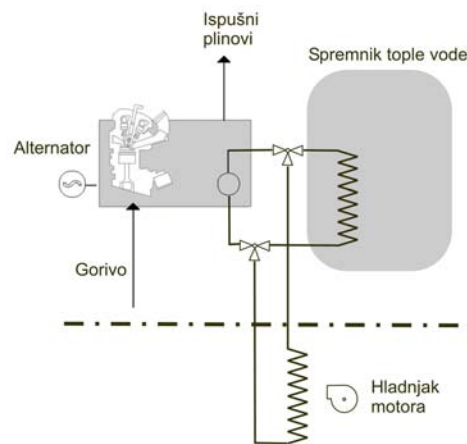
Sunčane ćelije: 0,8 kW
Baterija: 8 kWh

Takav sustav na području Splita uz nagib sunčanih ćelija od 35° godišnje proizvede 1832 kWh električne energije. Od toga 1351 kWh energije se iskoristi (74%), 139 kWh se mora odbaciti kao višak energije (7,6 %), a 342 kWh se izgubi u ciklusu punjenja-pražnjenja baterije (18,6%). Relativno mali višak energije potvrđuje ispravnog dimenzioniranja sustava. Kroz baterije prođe 1037 kWh uz vijek trajanja od 6,7 godina. Sunčane ćelije proizvedu 1491 kWh (81,4%) a generator 341 kWh (18,6%). Generator starta 124 puta u godini i radi po jedan sat pri 50% snage, 2750 W, što je najmanji nivo snage s prihvatljivom efikasnošću. Pretpostavimo li efikasnost električnog dijela generatora pri 50% nazivnog opterećenja od 25%, potrošnja plina je 0,3 kg/kWh, odnosno godišnja potrošnja plina 103 kg. Uz pravilno održavanje vijek trajanja generatora je oko 5000 h, što znači da je pri zadanim uvjetima pogona vijek trajanja 40 godina.

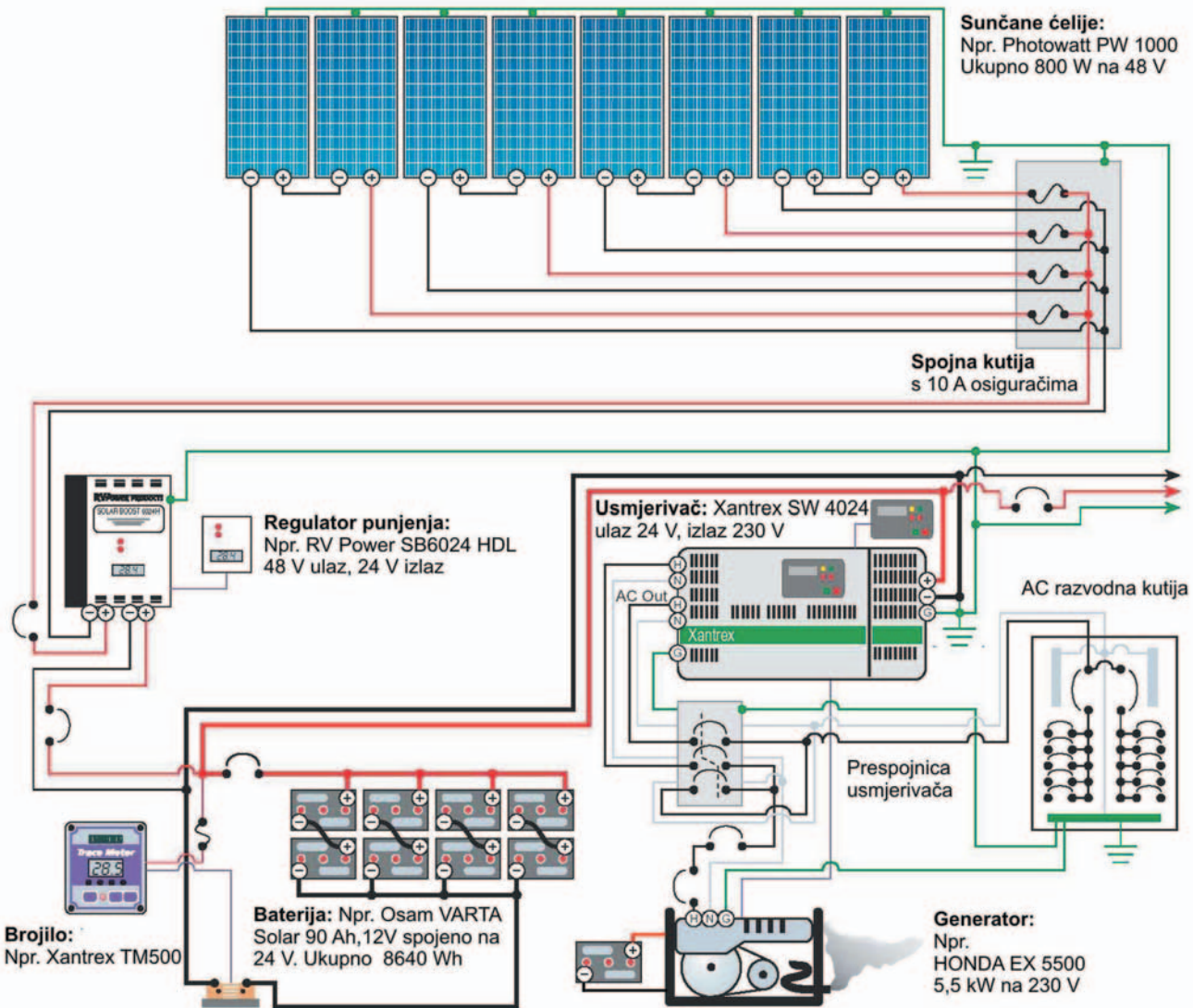
Gubici energije u sustavu sastoje se od proizvedene energije koja se ne može iskoristiti-viškova (18,6%) i gubitaka ciklusa punjenja-pražnjenja baterije (18,6%). Ukupni gubici su 26,2%.



Slika 21. Generator HONDA EX5500



Slika 22. Predložena shema kogeneracije



Slika 23. Shema sustava za proizvodnju električne energije

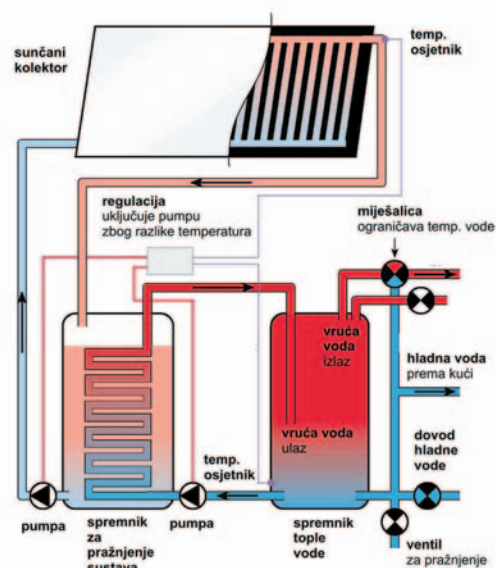
Toplina

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Grijanje	378	280	224	140	0	0	0	0	0	28	112	238	1400
Topla voda	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	2112
Rekuperator	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-1056
UKUPNO	466	368	312	228	88	88	88	88	88	116	200	326	2456
Kolektori-proizvedeno	240	263	284	273	254	239	256	294	334	314	246	225	3222
Kolektori-iskorišteno	240	263	284	88	88	88	88	88	88	116	200	225	1856
Razlika-kogeneracija	226	105	28	0	0	0	0	0	0	0	0	101	461

Mjesečne potrebe za toplinom u kWh

Toplinske potrebe sastoje se od potreba za toplom vodom i za grijanjem u hladnom razdoblju godine. Toplinske potrebe za toplom vodom se mogu prepoloviti upotrebom rekuperatora topline otpadne vode. Vrlo velik dio toplinskih potreba može osigurati sustav sa sunčanim kolektorima i spremnikom tople vode. Naše potrebe zadovoljava sustav s dva kolektora površine po 2 m² sa selektivnim apsorberom i izmjenjivačem topline. Tradicionalni pristup projektiranju sunčanih sustava je dimenzioniranje proizvodnje tako da se osigura 110-120% topline za lipanj, a razlika energija u ostalom dijelu godine se osigurava iz dodatnih izvora topline, električnim, uljnim ili plinskim grijačem spremnika tople vode. Međutim, u neovisnoj kući bolje je primijeniti pristup ujednačenije proizvodnje topline tijekom godine, tako da sustav proizvodi znatno manje topline ljeti, ali nešto više topline zimi. Kako nam je najviše topline potrebno zimi, kolektore postavljamo pod optimalni zimski kut 57,26°. Veliku većinu potreba osiguravaju sunčani kolektori dok se razlika potrebne topline proizvodi kogeneracijom.

Sustav za proizvodnju topline sa sunčanim kolektorima najbolje je izvesti kao "drainback" sustav, koji nema problema s pregrijavanjem ili smrzavanjem kolektorske tekućine. Kako "drainback" sustavi nisu uobičajeni u Hrvatskoj, moguće je izabrati i klasični zatvoreni sustav s antifrizom.



Slika 24. Zatvoreni sustav s povratom vode iz kolektora

TROŠKOVNI ASPEKTI I OPRAVDANOST GRADNJE ENERGETSKI SAMOSTOJNE KUĆE NA OTOKU

PRORAČUNSKA VRIJEDNOST STANDARDNE OBITELJSKE KUĆE

Bruto površina 154,00 m², neto površina prizemlja 60,00 m²
Okvirni troškovi 3.136 kn/m² za visoku kvalitetu gradnje

Prema cjeniku Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu:

Građenje ukupno:	410.986 kn
Instalacije ukupno:	71.476 kn
Okvirni troškovi ukupno:	482.462 kn

Uz pretpostavku da se kuća nalazi na otoku, bez razvijene infrastrukturne mreže, uzimaju se u obzir i troškovi dovođenja el. energije na lokaciju, pa

sveukupni troškovi iznose 749.462 kn za 1 km udaljenu lokaciju

PRORAČUNSKA VRIJEDNOST ENERGETSKI SAMOSTOJNE PASIVNE KUĆE NA OTOKU

Građenje ukupno:	464.400 kn
što je oko 12% više u odnosu na klasičnu gradnju	
Instalacije klasične:	38.494 kn
Troškovni aspekti energetskog sustava	

Cijena sustava za proizvodnju el. energije	109.395 kn
Cijena sustava za proizvodnju topline	23.400 kn

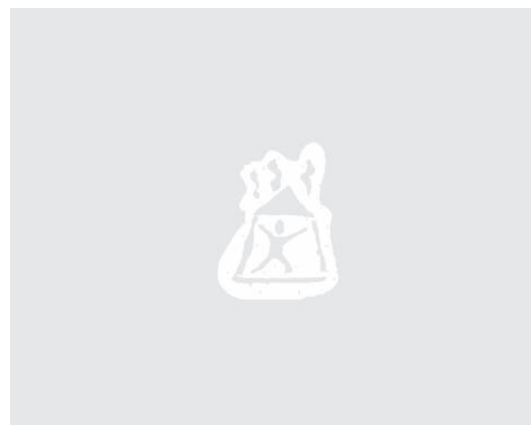
Ukupni troškovi gradnje 635.689 kn

Okvirni troškovi za visoku kvalitetu gradnje energetski samostojne kuće iznose 4.128 kn/m² bruto površine

Sveukupni troškovi konvencionalne gradnje za 1 km udaljenu lokaciju iznose 749.462 kn ili 4.867 kn/m² bruto površine

Ako usporedimo troškove konvencionalne gradnje i gradnje pasivne kuće, gradnja pasivne kuće zajedno s kompletnim sustavom instalacija koji se temelji na obnovljivim izvorima energije skuplja je za oko 30% na lokaciji na kojoj postoji razvijena infrastrukturna mreža. Međutim, na dalmatinskim otocima, ekološka kuća, energetski neovisna, u ruralnom području bez razvijene infrastrukturne mreže, u kombinaciji s obnovljivim izvorima energije ima apsolutno opravdanje. Kad troškovima konvencionalne gradnje pridodamo troškove dovođenja priključaka na lokaciju, već tada naša pasivna kuća postaje isplativa. Uz to treba uzeti u obzir da zahvaljujući visokom nivou toplinske zaštite i oblikovanju kuće, te primjenjenim mjerama energetske efikasnosti na sustavu instalacija i opremi, takva kuća godišnje troši deseterostruko manje. Za ovaj konkretan primjer, potrošnja toplinske energije iznosi manje od 15 kWh/m² površine, a ukupne energetske potrebe za grijanje, potrošnu toplu vodu i el. energiju iznose manje od 40 kWh/m².

Iz tih je podataka jasno vidljiva dugoročno isplativa investicija u gradnju pasivne kuće kako na dalmatinskim otocima tako i šire.



ZAKLJUČAK

Smanjenje energetske potrebe, primjena obnovljivih izvora energije te zaštita okoliša, u kombinaciji s razvojem seoskog turizma na otocima u uvjetima izoliranog ruralnog područja, ciljevi su koje slijedi ova studija razvijajući koncept energetske samostojne ekološke kuće za seoski turizam na otocima.

Koncept energetske samostojne kuće za seoski turizam na otocima predstavlja model za projektiranje kuće u ruralnom području bez razvijene infrastrukturne mreže. Kvalitetnom gradnjom i visokim nivoom izolacije vanjske ovojnice kuće, te njenom orijentacijom i povoljnim odnosom oplošja i volumena, transmisivni i ventilacijski gubici smanjeni su na minimum. Dodatna izolacija vanjske opne zgrade povećava troškove gradnje za 10-12%, a deseterostruko smanjuje toplinske gubitke kroz ovojnicu zgrade (sa cca 150 kWh/m² godišnje na ispod 15 kWh/m²). Primjena obnovljivih izvora energije za toplinu i el. energiju poskupljuje troškove izvedbe instalacija kuće, a ukupno gledano gradnju poskupljuje za maksimalno 30%. Međutim ako uzmemo u obzir da se potpuno ukida konvencionalni sustav grijanja i svi troškovi vezani uz održavanje tog sustava, da je godišnja potrošnja topline takve kuće ispod 15 kWh/m², a ukupna potrošnja energije ispod 40 kWh/m², te ako uračunamo troškove dovođenja priključka el. energije na takvu lokaciju, u tom trenutku koncept energetske samostojne pasivne kuće postaje ekonomski isplativ već pri samoj realizaciji. Sustav je još ekonomski isplativiji ako se takve kuće grupiraju u sela ili naselja od 8-10 kuća, kada se veći dio energetske sustava može riješiti centralno.

Potrošnja energije se primjenom energetske učinkovitih uređaja, rekuperatora topline i ponašanjem ukućana može značajno smanjiti u odnosu na uobičajenu potrošnju energije.

Predloženi sustav električnu energiju proizvodi u sunčanim ćelijama s višednevnim spremanjem energije u olovnim baterijama. Toplina se proizvodi u sunčanim kolektorima s višednevnim spremanjem energije u spremniku tople vode. Sunce je sposobno osigurati dovoljno energije za veći dio godine. U hladnijem dijelu godine, energija koja nedostaje proizvodi se kogeneracijom u generatoru s motorom s unutrašnjim sagorijevanjem, čime se učinkovito iskorištava energija goriva. Sunčane ćelije električnu energiju proizvode s minimalnim održavanjem, bez pokretnih dijelova i buke, na svakoj lokaciji s otvorenim pogledom na jug. Vjetroturbine zahtijevaju lokaciju izloženu vjetru i montažu na relativno visok stup, ali je cijena proizvedene energije znatno manja uz veću raspoloživost sustava. Raspoloživost sustava se značajno povećava kombinacijom sunčanih ćelija i

vjetroturbine, zbog sezonskog nepodudaranja proizvodnje. Međutim, obnovljivi izvori energije ne mogu osigurati pouzdanu opskrbu energijom u svakom trenutku. Hibridizacija s generatorom jest jedini način sigurne i pouzdane opskrbe energijom. Mali električni generatori su uređaji s učinkovitošću do 30%. Ostatak energije goriva, koji se odbacuje kao toplina, može se iskoristiti u kogeneraciji na relativno jednostavan način ako generator ima sustav hlađenja vodom. Takav generator bi još povoljnije radio u sustavu koji proizvodi 6-7000 kWh godišnje (autonomno selo). Konačan izbor tehnologije koji uključuje energiju vjetra, sunca, biomase ili fosilnih goriva temelji se na sklonostima i potrebama potrošača i lokaciji kuće.

Slijedom dosadašnjih aktivnosti na promišljanju energetske budućnosti Splitsko-dalmatinske županije, energetske samostojne ekološke kuće kao element autonomnog solarnog sela za seoski turizam na otocima, logičan je nastavak praktične implementacije rezultata istraživanja energetske razvitka Županije. Njeni otoci raspolažu s izrazito velikim potencijalom za razvitak ekoturizma i organske poljoprivrede. Ekološka kuća, energetske neovisna, u ruralnom području bez razvijene infrastrukturne mreže, u kombinaciji s obnovljivim izvorima energije, predstavlja model za uspješnu realizaciju strateških odrednica razvitka Splitsko-dalmatinske županije.



Savska 163
PP 141 10001 Zagreb
tel: 01 6040 588
fax: 01 6040 599
www.eihp.hr
e-mail: zhrs@eihp.hr
zmatic@eihp.hr

Autori

Željka Hrs Borković, dipl.ing.arh.
Zdeslav Matić, dipl.ing.el.

Voditelj odjela

Dr.sc. Branka Jelavić, dipl.ing.el.

Direktor

Mr.sc. Damir Pešut, dipl.ing.el.

Zagreb, rujan 2003.

