

Pametna kuća

Rezić, Gabriela

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:237:355578>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-22**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB
SAMOSTALNA KATEDRA ZA ZGRADARSTVO

ZAVRŠNI RAD
PAMETNA KUĆA

Gabriela Rezić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB
SAMOSTALNA KATEDRA ZA ZGRADARSTVO

ZAVRŠNI RAD
PAMETNA KUĆA

Mentor:

doc. dr. sc. Nikolina Vezilić Strmo

Student:

Gabriela Rezić

Zagreb, 2023.



TEMA ZAVRŠNOG ISPITA

Ime i prezime studenta: **Gabriela Rezić**

JMBAG: **0082064357**

Završni ispit iz predmeta: **Visokogradnje**

Naslov teme
završnog ispita:

HR	Pametna kuća
ENG	Smart house

Opis teme završnog ispita:

Rad se bavi istraživanjem pametnih kuća u zgradarstvu. Istražuje se način korištenja suvremenih materijala, tehnologija, karakteristična obilježja, način i uvjeti ugradnje i izvedbe. Teoretske postavke istraživanja dodatno se prezentiraju kroz analizu nekoliko primjera izvedenih pametnih zgrada.

Datum: **17.04.2023.**

Komentor:

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **doc.dr.sc.Nikolina Vezilić Strmo**

(Ime i prezime mentora)

N. Vezilić Strmo
(Potpis mentora)



POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student:

Gabriela Rezić, 0082064357

(Ime i prezime studenta, JMBAG)

zadovoljio je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

Pametna kuća

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

Smart house

(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu na preddiplomskom sveučilišnom studiju građevinarstva.

Pametna kuća predstavlja novi koncept gradnje koji uz prisutnost pametnog sustava osigurava kvalitetu konstrukcije uz ekonomsku, ekološku i energetska prihvatljivost. Promatramo ju kao sustav koji kombinira prednosti tehnologije automatizacije i suvremenih principa gradnje. Suvremena gradnja temeljit će se na ispunjavanju zahtjeva energetske učinkovitosti prilikom korištenja održivih materijala. Za razvoj pametne kuće vrlo su važni materijali koji će zbog svojih svojstava omogućavati razmjenu ili stvaranje energije. S ciljem ugodnog i kvalitetnog stanovanja, integriraju se sustavi koji uvelike olakšavaju povezanost s domom putem pametnog uređaja. Kompletna struktura kuće sada je sposobna prilagoditi se našim potrebama zahvaljujući implementaciji pametnih tehnologija. U ovom radu se teoretski razmatra sveukupna ideja pametne kuće uz korištenje sustava i tehnologija koji štede resurse.

(Sažetak rada na hrvatskom jeziku, maksimalno 200 riječi)

The smart house represents a new construction concept that, with the presence of a smart system, ensures the quality of construction along with economic, ecological and energy acceptability. It should be viewed as a system that combines the benefits of automation technologies and contemporary construction methods. Modern construction will be based on performing energy efficiency requirements using sustainable materials. For the development of a smart house, materials that will enable the exchange or creation of energy due to their performances are very important. With the goal of comfortable and quality housing, systems are integrated that greatly facilitate connection with the home through the smart device. The complete structure of the house is now able to adapt to our needs thanks to the implementation of smart technologies. In this study, the overall idea of a smart house is considered theoretically with the use of systems and technologies that save resources.

(Sažetak rada na engleskom jeziku, maksimalno 200 riječi)

Ključne riječi	HR	održivi materijali, energetska učinkovitost, integrirani sustav, pametna tehnologija, kontrola
	ENG	sustainable materials, energy efficiency, integrated system, smart technology, control device

10.7.2023.

(datum)

izv. prof. dr. sc. Nikolina Vezilić Strmo

(Ime i prezime mentora)

N. Vezilić Strmo
(Potpis mentora)

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Definicije pametne kuće	2
2.1. Projekt pametne kuće	2
2.2. Energetski učinkovita gradnja	3
2.3. Koncept pametnih tehnologija.....	3
3. Razvoj koncepta kuće kroz tehnologiju.....	4
4. Energetska učinkovitost u zgradarstvu.....	6
4.1. Standardi potrošnje i uštede energije	7
4.1.1. Klasične kuće	7
4.1.2. Niskoenergetske kuće	7
4.1.3. Pasivne kuće	8
4.1.4. Kuće nulte energije.....	8
5. Načela projektiranja održive gradnje.....	9
5.1. Niskoenergetska gradnja	9
5.2. Suvremena gradnja	10
6. Elementi projektiranja i gradnje pametne kuće.....	11
6.1. Oblik kuće	11
6.2. Orijentacija	11
6.3. Tehnologija gradnje	12
6.4. Toplinska hijerarhija prostora.....	13
6.5. Toplinsko izolacijski materijali	14
6.6. Građevinski otvori	16
6.6.1. Prozori.....	16
6.6.2. Vrata.....	17
6.7. Akumulacija topline u konstrukciji	17
6.8. Ventilacija i prozračivanje.....	18
7. Kako stvoriti pametnu kuću?.....	20
7.1. Kako rade pametne kuće?	20
7.2. Sustavi pametnih kuća.....	21
7.2.1. Sustav protupožarne zaštite	22
7.2.2. Sustav videonadzora	22

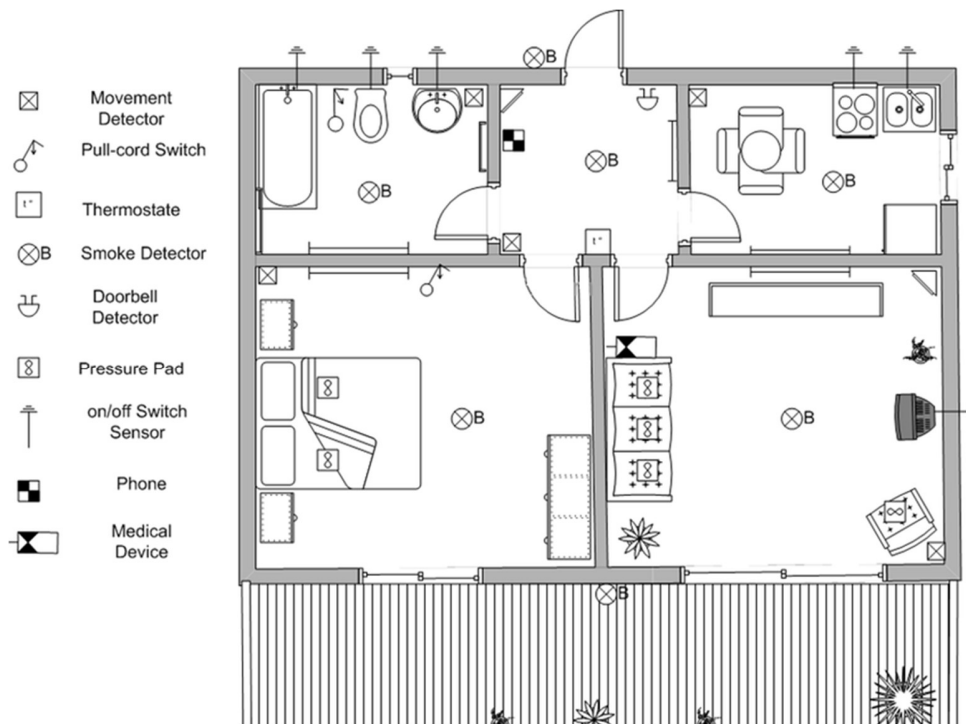
7.2.3. Sustav kontrole pristupa	23
7.2.4. Sustav klimatizacije i ventilacije.....	23
7.2.5. Sustav kontrole osvjetljenja.....	23
8. Pametne kućne tehnologije	24
8.1. Integracija kućanskih uređaja.....	24
8.2. Interakcija s uređajima	27
9. Prednosti pametnih kuća	29
10. Nedostaci pametnih kuća	33
11. Budućnost gradnje pametnog doma	35
11.1. Investiranje u modernu gradnju.....	35
11.1.1. Troškovi izgradnje pametne kuće	36
11.1.2. Troškovi ugradnje pametnih sustava	36
11.2. Pametni građevinski materijali.....	37
11.2.1. Napredni materijali održive budućnosti	37
11.2.2. Ovojnice kuća.....	39
11.2.3. Energetski pametna fasada	40
11.2.4. Kinetičke fasade u građevinarstvu.....	40
11.2.5. Pametna kuća od materijala posljednje generacije.....	43
12. Analiza primjera pametne kuće	46
12.1. Općenito o projektu	46
12.2. Tlocrti i nacrti građevine	46
12.3. Konstruktivna izvedba zgrade	48
12.4. Prisutnost pametnog sustava	50
13. Zaključak.....	51
14. Literatura.....	52
14.1. Popis slika	54
14.2. Popis tablica	56

1. Uvod

Pametne kuće jedan su novi korak u svijetu graditeljstva. Gradnja novog tipa kuća bit će izazov tijekom svih faza njenog razvoja, od projektiranja do izvođenja konstrukcije. Ono što će prvenstveno dom činiti pametnim je energetska učinkovita gradnja. Pokazat ćemo koje sve zahtjeve i energetske standarde treba ispuniti kuća prilikom svog projektiranja te kasnije i korištenja, kako bi sa sigurnošću mogli reći da je napravljena po načelima održive gradnje. Usporedit ćemo ih s gradnjom standardnih kuća te pokazati koje sve prednosti i uštede donosi izgradnja pametne kuće. Drugim riječima, posvetit ćemo se suvremenoj gradnji i novitetima koji su danas sve prisutniji. Naglasak će biti na projektiranju i izradi kvalitetnog i funkcionalnog konstrukcijskog rješenja koji će posebno biti posvećen materijalima korištenim u gradnji. Stoga će biti važna tehnologija gradnje te izrada toplinske izolacije, koja će sada zahvaljujućim novim materijalima, biti lakše izvediva i kvalitetnija u odnosu na izolacije koje su do sada bile u primjeni. Prilikom projektiranja takve kuće, moći će se paralelno razmišljati o pravoj srži koji ju čine pametnom. Bit će riječ o implementaciji pametnih sustava i uređaja koji udobnost i kvalitetu življenja podižu na višu razinu. Postojat će brojne mogućnosti uvođenja sustava, ovisno o individualnim željama i potrebama. Na temelju toga, prikazat ćemo koje sve vrste sustava postoje te koje je pametne uređaje i na koji način moguće integrirati kako bi oni radili skupa. Ono što će biti njihova najveća prednost je što se svi integrirani sustavi i tehnologije mogu upravljati i na daljinu putem pametnog mobilnog uređaja. Osim toga, bit će navedene ostale prednosti i nedostaci pametnih kuća, posebne značajke, ali i problemi s kojima bi se korisnici mogli susresti. Cilj ovog završnog rada je prikazati pametnu kuću kao prošireni koncept svih mogućnosti koji će ju oblikovati kao pogodno okruženje za život, tijekom svih segmenata njene gradnje te implementacije sustava, sa svrhom stvaranja budućnosti stanovanja još jednostavnijim i lakšim. Kroz završni rad bit će opisani primjeri izgrađenih energetska održivih objekata, koji su se koristili materijalima posljednje generacije te onih koji su unaprijedili kompletan standard življenja koristeći pametni sustav i tehnologiju.

2. Definicije pametne kuće

Pojam pametne kuće nije u potpunosti jasno definiran pojam jer ga različite struke mogu tumačiti na različite načine. Građevinski inženjeri će reći da se radi o kući koja je izgrađena od suvremenih materijala s ciljem održive gradnje. Elektro inženjeri će pojam pametne kuće koristiti kao izraz za integraciju uređaja u objektu i njihove potpune automatizacije, dok će ekolozi reći da je u pitanju kuća koja je napravljena u skladu s prirodom.



Slika 1. Tlocrt pametne kuće

Izvor: Mccullagh P.: ResearchGate: [The layout of an example Smart Home | Download Scientific Diagram](#)

2.1. Projekt pametne kuće

Kao i svaku drugu, pametnu kuću nazivamo projektom zbog zajedničkog djelovanja i vrlo uske suradnje svih struka; od arhitekata i građevinara, strojara, elektrotehničara do instalatera, tijekom svih faza njenog razvoja, od projektiranja do izvođenja konstrukcije. Naprednija tehnologija, sustavi te struktura kuće, uvjetuju veću međusobnu komunikaciju uključenih sudionika jer uvijek što napravi jedna struka, utječe na posao onih iz druge struke [1]. Dakle, da bi kuća bila pametna, potrebno je da se na pravi način integriraju arhitektura, struktura i tehnologija kojom se osigurava potpuna interakcija s korisnicima. Upravo to uistinu razlikuje pametne kuće od onih tradicionalnih.

2.2. Energetski učinkovita gradnja

U posljednje vrijeme, značenje pametne kuće možemo poistovjetiti i s energetski učinkovitim odnosno pasivnim kućama. Kada pogledamo definiciju pasivnih kuća i samim time zelene gradnje, vidjet ćemo da ona govori da je to energetski učinkovit objekt s idealnim unutarnjim uvjetima i s minimalnim utjecajem na okoliš, koja štedi prirodne resurse te ima veću iskoristivost obnovljivih izvora energije. Sada više nije lako povući jasnu granicu između zelene, pasivne i pametne kuće jer zapravo prave granice i nema. Možemo zaključiti da pametna kuća prvenstveno treba biti i zelena i pasivna pa zatim aktivna, gdje se pod aktivnošću podrazumijeva mogućnost da sustav uvijek odgovori ili se prilagodi u skladu s korisnicima i njihovim promjenjivim potrebama. [2]

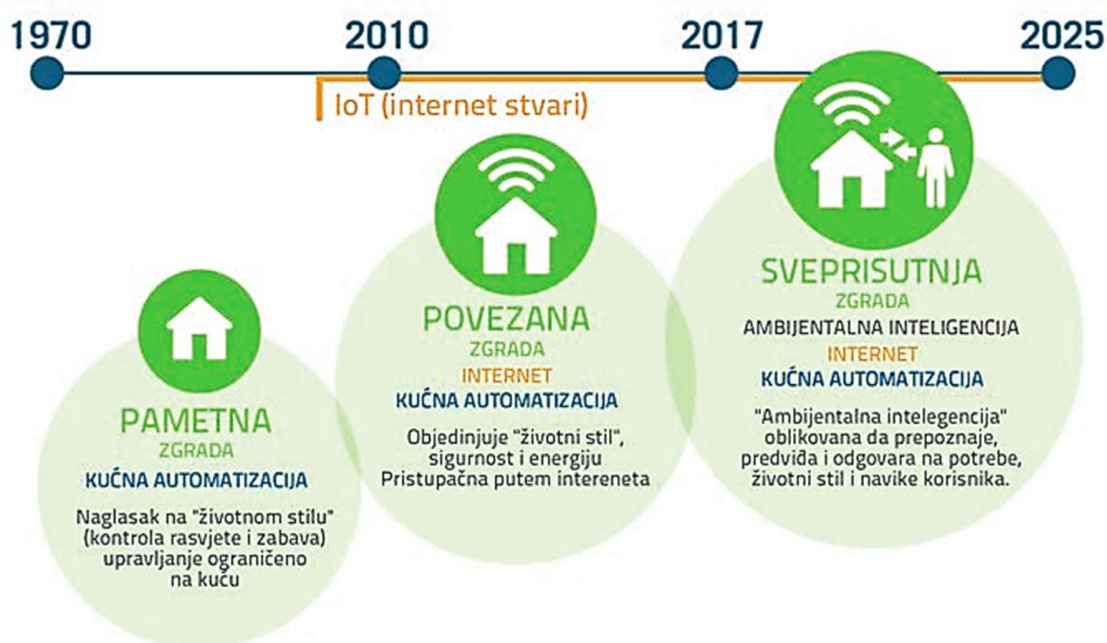
2.3. Koncept pametnih tehnologija

Pametna kuća je visoko energetski učinkovit koncept kuće koji sadrži razne pametne uređaje i više sustava integriranih u jednu cjelinu, s ciljem povećanja kvalitete življenja te smanjenja njegovih troškova. Služe za optimizaciju potrošnje energije u domu te tako štede vrijeme i energiju [3]. Od pametne kuće se zahtjeva da se prilagodi potrebama korisnika. Pruža bolji i kvalitetniji način života koji povećava njihovu udobnost, praktičnost i sigurnost tako da kontroliraju i prilagođavaju željene uvjete putem pametnih uređaja povezanih na internetsku mrežu.

Tako je izraz pametna kuća postao korišten kod definiranja doma u kojem rasvjeta, grijanje, klimatizacija, videonadzor te sigurnosni sustav, imaju mogućnost međusobne komunikacije i mogu biti kontrolirani na mjestu ili s udaljene lokacije. Pametna kuća je dobar izbor za svakoga tko traži jednostavnost, praktičnost i energetsku uštedu. [4]

3. Razvoj koncepta kuće kroz tehnologiju

Pametne kuće su inovativna ideja nastala sedamdesetih godina kada se pametnom kućom smatrala ona koja je bila sagrađena tako da bude energetska učinkovita. Zbog sve veće prisutnosti tehnologije, kao i osviještenosti sveprisutnih klimatskih promjena, javlja se potreba za gradnjom domova koji će biti održivi [5]. Pojam pametne kuće od tada se mijenjao prateći razvoj tehnologije. Već nakon nekoliko godina, pametna kuća je postala ona u kojoj se preko računala moglo upravljati raznim sustavima. Početkom ovog stoljeća i izrazitim razvojem novih tehnologija, usluge pametnih kuća postale su dostupnije i isplativije diljem svijeta. Upravo taj razvoj računarstva omogućio je modernu automatizaciju kakvu možemo vidjeti danas, ali i stvorio preduvjet za daljnji nastanak i razvoj koncepta pametne kuće.



Slika 2. Razvoj kućne automatizacije kroz tri faze

Izvor: Bašić S., Vezilić Strmo, N., Sladoljev M.: Pametni gradovi i zgrade, *Građevinar* 10/2019

<https://doi.org/10.14256/JCE.2733.2019>

Ovakav koncept kuća je zahtjevniji u odnosu na klasični tip jer sama izgradnja predstavlja složeniji proces. To se očituje prije svega u prisutnosti pametnog uslužnog sustava koji predstavlja novu strukturu kuće. Njegova posebnost leži u činjenici da je takav sustav podložan promjenama, spreman i sposoban učiti i razvijati se. Iako se čini kompleksan, takav koncept sustava u svojoj biti je ipak jednostavan. Njegov cilj je omogućiti kontrolu okruženja u kojem boravimo što je ujedno i razlog razvoja automatizacije sustava. Danas je upravo ta automatizacija sustava u kući jedan od preduvjeta da bi ona mogla postati pametna.

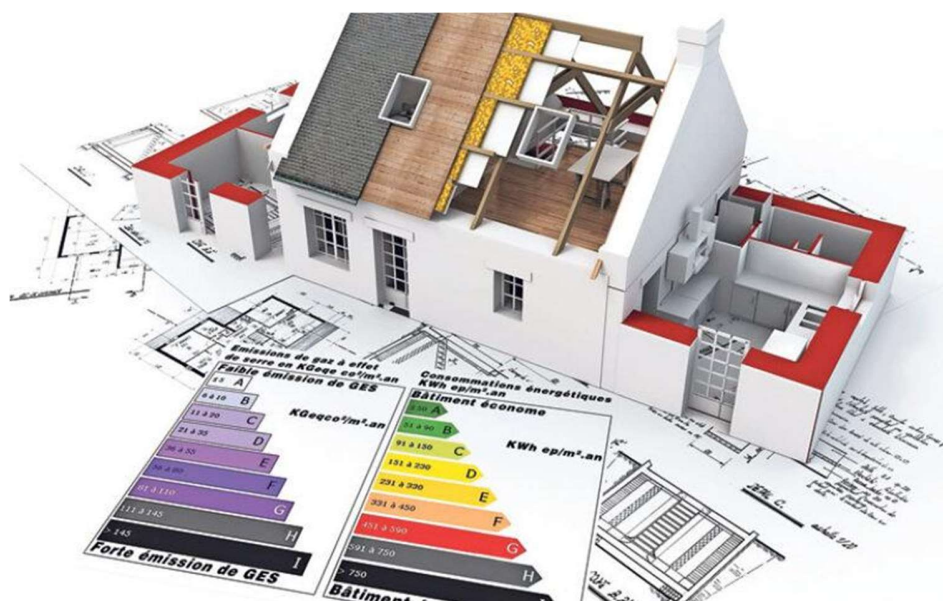
Danas pametnim kućama nazivamo sve one kuće koje imaju pametni uslužni sustav koji pomaže ljudima u upravljanju doma ili upravlja domom samostalno. To je novi sloj kojim je nadograđen koncept energetske održive kuće ne samo s ciljem uštede, nego i s ciljem poboljšanja kvalitete životnog i radnog okruženja u takvim objektima. Ono što kroz tehnologiju možemo reći, što razlikuje pametnu kuću od one tradicionalne, upravo je automatizacija i integracija sustava te potpuna interakcija s njihovim korisnicima. [6]

4. Energetska učinkovitost u zgradarstvu

Kada govorimo o održivoj gradnji, govorimo o najprihvatljivijoj gradnji koja poboljšava postojeći standard življenja, a da pri tome ne iskorištava i uništava prirodu te da u najvećoj mjeri ne zagađuje okoliš. Time se smanjuju troškovi korištenja i održavanje građevina. Takav tip gradnje oslanja se na obnovljive izvore energije kao što su sunce, vjetar te toplinska energija. [7]

Energetski štedljiva kuća bit će ona, koja u odnosu na prosječnu troši manje energije za grijanje. Svrha propisivanja takve gradnje nije primarno štednja, već učinkovita uporaba energije s minimalnim utjecajem na okoliš.

Cilj energetske učinkovitosti je trajno smanjenje energetske potrebe pri projektiranju, izgradnji i korištenju objekata kao i rekonstrukciji postojećih. Održiva gradnja je jedna od značajnih segmenata održivog razvoja koji uključuje: upotrebu građevinskih materijala koji nisu štetne za okolinu, dobre karakteristike u pogledu energetske učinkovitosti te propisno gospodarenje otpadom prilikom gradnje ili rušenja građevine. To znači da se za samu gradnju koriste održivi materijali u skladu s novim građevinskim tehnologijama. Ovakva vrsta gradnje mora osigurati trajnost i kvalitetu konstrukcije uz ekonomsku, ekološku i energetska prihvatljivost. [8]



Slika 3. Upotreba kvalitetnih građevinskih materijala i pravilna izvedba slojeva izolacije, doprinijet će boljem energetske standardu kuće

Izvor: Bičak D., poslovni.hr: [Pametne kuće cjenovno su sve dostupnije - Poslovni dnevnik](#)

4.1. Standardi potrošnje i uštede energije

Svaki doprinos smanjenju potrošnje energije je korak unaprijed. Održive kuće su ekonomski učinkovite, ekološki prihvatljive i štite prirodne resurse. Koristi od takve gradnje su financijska ušteda, smanjenje potrošnje energije, ugodnije i kvalitetnije stanovanje, duži vijek konstrukcije te smanjenje utjecaja na klimatske promjene.

Stambena arhitektura troši 40% ukupne energije. Danas u zgradarstvu, uz klasični tip kuća, razlikujemo više koncepata uštede energije a neke od njih su niskoenergetska, nulta-energetska i pasivna kuća. Energijom koja se potroši u standardno izoliranoj kući, moguće je zagrijati 4 niskoenergetske kuće ili do 12 pasivnih kuća. [9]

4.1.1. Klasične kuće

Standardno izolirani tip kuća troši velike količine energije. Prilikom njihove izvedbe nisu korišteni standardi energetske štedljive gradnje, a kao posljedica toga upotrebljavani su materijali koji kuće nisu štitali od pretjeranog hlađenja i zagrijavanja. Rezultat toga je da većina kuća iz starih vremena u kojima ljudi i danas žive, posjeduje visok energetske razred. Ako govorimo o brojkama konkretno, na održavanje takvog objekta troše ogromnih 200 ili više kWh/m² energije za grijanje i hlađenje godišnje. [1]

4.1.2. Niskoenergetske kuće

Niskoenergetskim kućama mogu se smatrati objekti, koji u odnosu na takozvane klasične kuće, imaju manje potrebe za toplinom grijanja i toplom vodom te koje troše otprilike 30% manje energije. To je energetske štedljiva kuća s godišnjom potrošnjom energije između najmanje 15 kWh/m² i najviše 40-60 kWh/m². Razlog za ovakvim varijacijama među brojkama je značajan i naveden je u standardima. Kuće koje su izgrađene u sjevernim i hladnijim krajevima imaju drugačiju raspodjelu potrošnje energije jer se zimi više griju, a ljeti se ne moraju hladiti, za razliku od kuća u toplijim krajevima. U Hrvatskoj se prilikom definiranja niskoenergetske kuće uzima vrijednost od 30 kWh/m².

¹ kWh/m² – kilovatsat po metru kvadratnom; mjerna jedinica za toplinsku energiju po jedinici korisne površine

4.1.3. Pasivne kuće

Pasivna kuća je diljem svijeta vodeći standard kod energetske štedljive gradnje. Samo ime joj otkriva princip funkcioniranja, a to je da se "pasivno" održava toplom, bez aktivnog sistema zagrijavanja. Ona ne treba tradicionalni sustav grijanja, već se potrebna toplina dovodi u prostore preko uređaja za ventilaciju. Riječ je o sustavu kontrolirane ventilacije s rekuperacijom zraka te korištenju Sunčeve energije kao izvora topline. Takva kuća treba čak 90% manje energije od standardno izgrađenog objekta. To je energetska štedljiva kuća s najvećom dopuštenom potrošnjom energije za grijanje i hlađenje do 15 kWh/m².

4.1.4. Kuće nulte energije

Jasno je već iz naziva da je riječ o kući s nultom energetske potrošnjom i nultom emisijom ugljikovog dioksida godišnje. Kako bi se postigao ovakav standard, energija se mora generirati koristeći obnovljive izvore energije. Dakle, riječ je o energetske štedljivoj kući koja energiju dobiva iz Sunčeve energije, ali ona time nije neovisna o javnoj energetske mreži. Kuća koristi obnovljive izvore energije koji su u svome djelovanju većinom sezonski. Ljeti se proizvedeni višak električne energije odvodi i sprema u javnu mrežu i daje na raspolaganje drugim korisnicima, a zimi se energija za korištenje uzima iz javne energetske mreže. Kuće nulte energije zanimljive su i zbog zaštite okoliša jer se zbog obnovljivih izvora energije ispušta vrlo malo stakleničkih plinova.

5. Načela projektiranja održive gradnje

Kao što je već spomenuto, u smislu energetske učinkovitosti ne postoji jasna granica koja odvaja niskoenergetske i pasivne kuće od pametne. Ono što pametnu kuću razlikuje od klasične, osim održive gradnje, je implementacija sustava i tehnologije. Razlika je u tome što takav dom izgrađen od temelja može pružiti veću energetske učinkovitost te uz lakšu integraciju sustava i povezanu tehnologiju ima veće šanse biti održiv. No nije uvjet da samo novoizgrađeni domovi mogu biti pametni. Naravno da je i u postojeće objekte moguće u jednoj mjeri implementirati pametni sustav ali tada u obzir moramo uzeti njegovu isplativost. Na primjer, stavljanje termostata s ciljem smanjenja potrošnje energije u dom s jednostrukim prozorima i bez izolacije je kao da stavimo flaster preko pukotine u zidu [10]. Stoga, dalje ćemo govoriti o domu koji je projektiran prema načelima održive gradnje te kasnije integriran pametnim sustavima, uređajima i tehnologijom.

5.1. Niskoenergetska gradnja

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

Niskoenergetska gradnja temelj je održive gradnje tijekom svog životnog vijeka, počevši od korištenja održivog građevinskog materijala, energetske učinkovitosti, do pravilnog gospodarenja otpadom. Tako izgrađene kuće, osim što potpomažu očuvanju okoliša, pružaju udobnost stanovanja, grijanje i hlađenje s malom potrošnjom energije što omogućuje manje troškove i znatnu uštedu. Glavna ideja održive gradnje je korištenje Sunčeve energije za grijanje kuće u zimskom razdoblju i sprečavanje upada Sunčeva zračenja u ljetnom razdoblju kako bi se smanjila potreba za hlađenjem, uz prethodno dobro izolirane zidove i otvore. Kako bismo osigurali da kuća ima minimalne toplinske gubitke, odnosno da postigne niskoenergetski standard, potrebno je adekvatno izolirati zidove, krov, podrum te ugraditi prozore i vrata sa što manjim koeficijentom prolaska topline. Izvedbom svih slojeva ravnog krova, ugradnjom toplinsko izoliranih prozora s troslojnim staklom te kvalitetnim instalacijskim sustavima poput rekuperacije zraka, može se dodatno unaprijediti energetska kategorija konstrukcije.

5.2. Suvremena gradnja

Suvremena gradnja znatno se razlikuje od klasične gradnje, što je rezultat nove tehnologije izgradnje i novih vrsta materijala, ali prvenstveno želje i potrebe investitora da građevina bude ekonomična i energetska učinkovita. Međutim, prije procesa gradnje moguće je pravilnim projektantskim rješenjima iz načela održive gradnje projektirati kuću koja će svojom geometrijom i pametnim rješenjem osigurati veću učinkovitost. To je standard suvremenih kuća koji danas polako postaje optimalan standard jer investitori više ne žele klasičnu izgradnju s velikim troškovima održavanja. Pri tome važnost ima oblik kuće, njena orijentacija, toplinsko zoniranje prostora, tehnologija gradnje, vrata, prozori te njihovo ostakljenje kao i zaštita od ljetnih pregrijavanja. Uz navedene faktore, jednaku važnost ima i toplinska izolacija duž cijele ovojnice kuće, u svrhu postizanja što kvalitetnijih energetskih karakteristika. Osim kvalitetnog funkcionalnog i konstrukcijskog rješenja, estetika i dizajn kuće ne smiju biti zapostavljeni. Energetska učinkovitost u zgradarstvu i održiva gradnja te primjena obnovljivih izvora energije danas su prioriteti suvremenog graditeljstva. Jednostavnim i kompaktnim ali i atraktivnim modernim arhitektonskim oblikovanjem mogu se postići dobri početni parametri za ostvarenje pametne kuće.

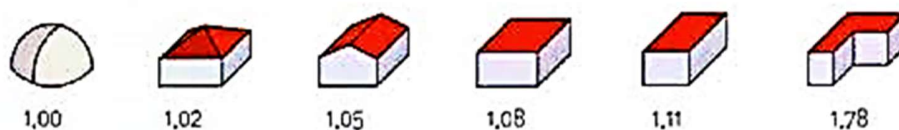
Na nama je hoćemo li se pri gradnji kuće odlučiti za jeftino građenje i u budućnosti plaćati znatno veće troškove grijanja i održavanja ili ćemo investirati u što bolju gradnju pa ćemo kasnije uštedjeti.

6. Elementi projektiranja i gradnje pametne kuće

Prilikom projektiranja postoji niz temeljnih načela kojima se osigurava kvalitetnija i energetska povoljna izgradnja, a upravo je to korak prema izgradnji pametne kuće. Kod izgradnje kuće treba uzeti u obzir da objekt bude kompaktan prema svome obliku i da se izbjegavaju složene konstrukcije. Koristeći odgovarajuću izolaciju, spriječit će se toplinski mostovi. Projektiranje ovakve kuće značajno se razlikuje u odnosu na standardnu. Zato treba poznavati osnovne principe gradnje i znati ih adekvatno primijeniti na projektu koji se planira graditi. U nastavku su obrađena temeljna načela projektiranja takve gradnje. [11]

6.1. Oblik kuće

Kod energetska učinkovite gradnje važno je projektom zadovoljiti faktor oblika zgrade. To je omjer površine vanjskog oplošja i volumena grijanog dijela kuće, a on je najpovoljniji kada je građevina jednostavna i kompaktna. Površina vanjskog oplošja predstavlja omotač odnosno zidove, podove, krov, prozore i ostale dijelove koji dijele unutarnji grijani prostor od vanjskog prostora. Povoljan faktor oblika pridonosi znatnom smanjenju transmisijskih gubitaka, ukupnoj uštedi energije i ugodnosti boravka u unutarnjem prostoru. Kod projektiranja takve građevine preporučuje se što manje konzolnih istaka, balkona i razvedenih pročelja kako se ne bi narušila toplinska svojstva ovojnice. Naravno da je pasivni standard moguće postići i na razvedenom plaštu konstrukcije s istakama i balkonima, ali uz veću cijenu. [12]



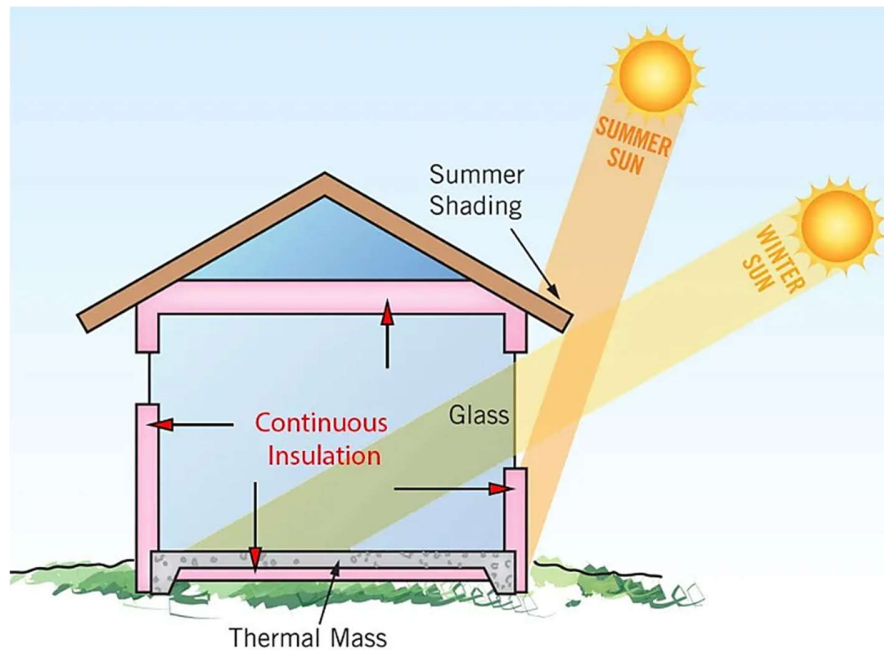
Slika 4. Povoljni faktori oblika kuće

Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009.) Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o

6.2. Orijentacija

Prilikom projektiranja kuće vrlo veliku pozornost treba obratiti na iskorištavanje Sunčevog zračenja. Poželjno je kuću orijentirati prema južnoj strani, postavljanjem veće površine ostakljenja na južno pročelje građevine, kako bi što više upadalo Sunčevih zraka. Uz samu orijentaciju građevine, količina dobitaka ovisi i o dnevnom kretanju sunca i godišnjem dobu.

Istočna pročelja su obasjana u jutarnjim satima, dok su zapadna izložena Suncu u poslijepodnevnim satima. Najveća korist od orijentiranja građevine prema jugu je zimi kada je obasjavanje na južnom pročelju intenzivnije nego na istoku i na zapadu. Upravo su iz tog razloga južna pročelja građevine projektirana s velikim udjelom staklenih površina, a takvim otvaranjem pročelja prema jugu može se doprinijeti i do 40% samom grijanju kuće. Važno je obratiti pozornost na to da građevinska parcela bude što osunčanija.



Slika 5. Upad Sunčevih zraka na južnom pročelju kuće ovisno o godišnjem dobu

Izvor: Savović M.: [Koja je najbolja orijentacija kuće? Razmišljajte na vrijeme](#)

6.3. Tehnologija gradnje

Kod održive gradnje bit će prihvatljive sve građevinske tehnologije, od gradnje laganih do masivnih konstrukcija. Moguće je postići jednake rezultate s obje vrste konstrukcije, kao i s korištenjem različitih materijala. Masivna gradnja opekom do sad je najrašireniji način gradnje kuća, a nosiva konstrukcija može biti i od elemenata od betona ili lakšeg poroznog betona. Debljina nosivog zida odgovarat će statičkim zahtjevima konstrukcije. Na vanjsku stranu zida bit će postavljen odgovarajući debeli sloj toplinske izolacije o kojem će ovisiti koliki će biti prolaz topline kroz konstrukciju. S obzirom na to što se ugrađuje znatna debljina izolacije, nosivi zidovi mogu biti tanji odnosno minimalne debljine u skladu sa statičkim zahtjevima. Kod laganih konstrukcija najčešće se u svim predgotovljenim elementima

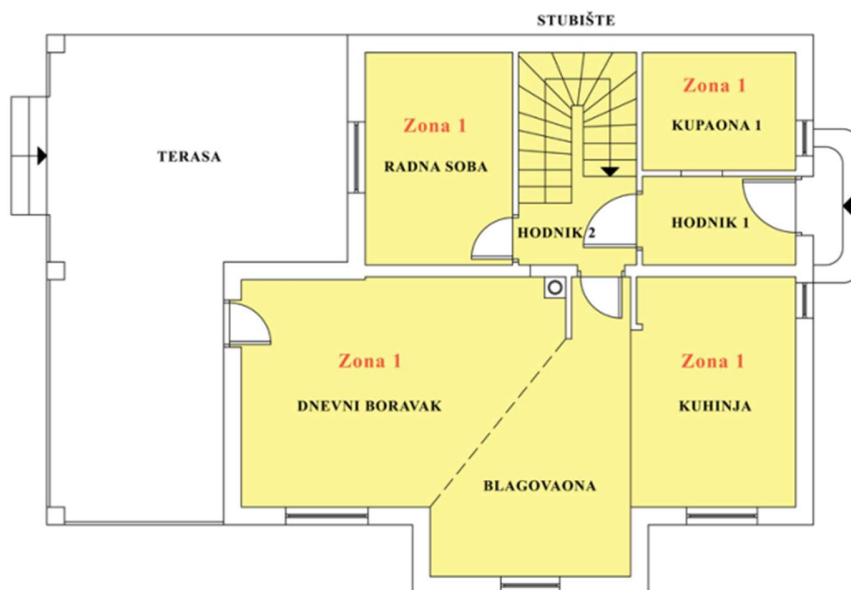
upotrebljava drvo. Drvena konstrukcija građena po održivom standardu ima svojstvo smanjenja utjecaja ugljikovog dioksida. Između nosive drvene konstrukcije postavlja se toplinska izolacija, a njena struktura punog drva može predstavljati alternativu dosadašnjoj gradnji od opeke.



Slika 6. Korišteni materijali za masivnu gradnju na presjeku kuće
Izvor: gradimo.com: [Tehnologija gradnje pri pasivni hiši | Gradimo.com](https://www.gradimo.com/tehnologija-gradnje-pri-pasivni-hisi/)

6.4. Toplinska hijerarhija prostora

Prijenos topline između unutarnjeg i vanjskog prostora koji okružuje građevinu, nastaje zbog temperaturnih razlika. Na obje strane vanjskog zida postoji razlika u temperaturi. U pravilu kroz njih uvijek prolazi toplina, što uzrokuje transmisijske toplinske gubitke. Sličan slučaj je kod unutarnjih zidova koji odvajaju prostore s različitim temperaturama, odnosno grijane prostore od negrijanih (garaža, spremište, tavan..). Toplinski gubici kroz zid su veći, što je veća temperaturna razlika između vanjske i unutarnje površine. Da bi se smanjili toplinski gubici u kući preporučljivo je na sjevernoj strani kuće, gdje je temperatura na vanjskoj strani zida najniža, predvidjeti prostore s nižom temperaturom kao što su stubišta, smočnice ili drugi pomoćni prostori. Na južnom pročelju predviđaju se dnevni prostori koji zahtijevaju više temperature, budući da postoji mogućnost da se na takvim dijelovima dogrijevaju Sunčevom energijom.



Slika 7. Zoniranje prostorija s ciljem smanjenja toplinskih gubitaka
 Izvor: *Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj: [Pasivna i niskoenergetska gradnja](#)*

6.5. Toplinsko izolacijski materijali

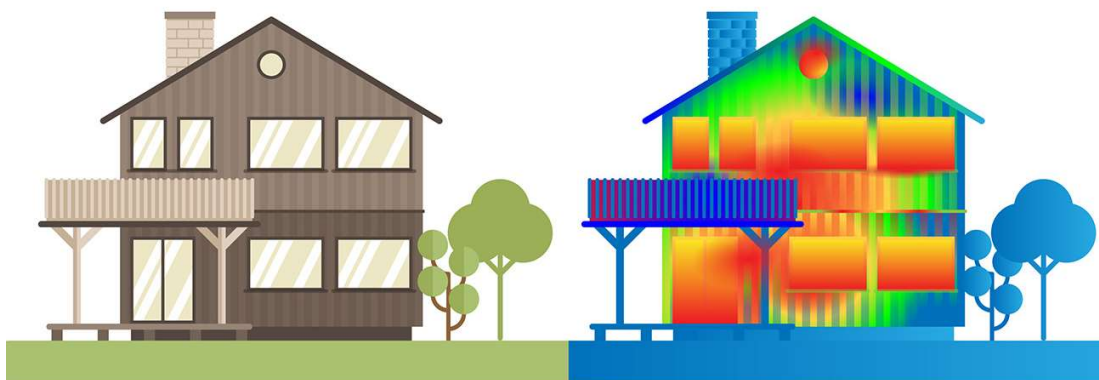
Veliki potencijal uštede energije leži u kvalitetnoj toplinskoj izolaciji vanjskih zidova građevine. Kako bi zadovoljili niskoenergetski odnosno pasivni standard, svi vanjski neprozirni elementi zgrade moraju zadovoljiti minimalan koeficijent prolaska topline. Tako će pasivna kuća za razliku od klasične kuće imati deset puta bolju toplinsku izolaciju. Da bi se postigla tako mala vrijednost prolaska topline, nužno je spriječiti sve toplinske mostove i pravilno ugraditi odgovarajuću debljinu i vrstu toplinske izolacije. Toplinski plašt mora biti u cijelosti izveden zrakonepropusno i uz minimalni utjecaj toplinskih mostova koji se trebaju smanjiti na najmanju moguću mjeru [13]. Zadaća toplinsko izolacijskih materijala je smanjenje toplinskih gubitaka, a samim time i financijskih troškova energije. Toplinska izolacija također štiti nosivu konstrukciju od vanjskih vremenskih utjecaja i njihovih posljedica, kao što je pucanje građevinskih elemenata zbog naprezanja nastalih zbog razlika u temperaturi ili apsorpcije vode u unutrašnjost građevine. Na tržištu postoje različite vrste toplinske izolacije kao što je poliuretanska pjena, staklena i kamena vuna, ekspanzirani i ekstrudirani polistiren i mnoge druge. Karakteristični su po dobrim toplinskim svojstvima te se neki mogu koristiti i protupožarno te za zvučnu izolaciju. Odabir materijala koji će se koristiti najviše ovisi o svojstvu toplinske provodljivosti, ali u obzir treba uzeti i zapaljivost materijala, ekološku prihvatljivost pa čak i utjecaj na zdravlje.



Slika 8. Izvedba slojeva toplinske izolacije

Izvor: Novak S.: [Kvalitetnom izolacijom može se uštedjeti do 80 posto energije - Večernji.hr](#)

Toplinski mostovi su površine na građevnom elementu gdje je povećan prolaz topline. Javljaju se na vanjskom plaštu kuće zbog loše izvedbe, lošeg projektiranja i kod štedljivosti na materijalima. Pojava toplinskog mosta može nastati na mjestima gdje postoje pukotine i gdje kroz njih odlazi topli zrak. Kod pasivnih kuća takvi toplinski mostovi su minimizirani jer je plašt kuće izveden zrakonepropusno i jedini gubici su mogući kod otvaranja prozora i vrata. (Organizacija građenja pasivne kuće; Konstruiranje bez toplinskih mostova, 2017.)



Slika 9. Termografska snimka toplinskog zračenja

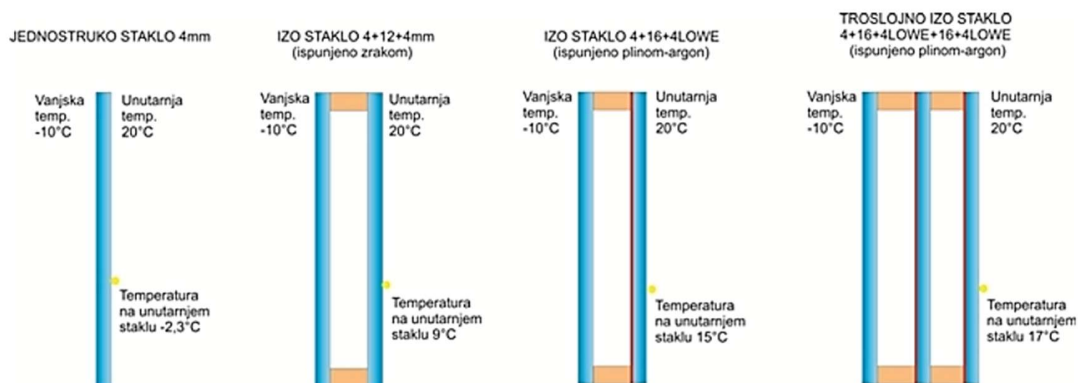
Izvor: građevinar-oriovac.hr: [Energetska obnova obiteljskih kuća](#)

6.6. Građevinski otvori

U toplinsko izolacijskom smislu vrata i prozori održive kuće su najslabija mjesta vanjske ovojnice građevine. Odgovarajuća građevinska stolarija s niskom toplinskom vrijednošću mora biti ugrađena prema zahtjevima standarda, jer samo je tako zajamčena odgovarajuća nepropusnost uz otvore. Zrakonepropusnost vanjske ovojnice predstavlja otpor ulasku vanjskog zraka u unutrašnjost kuće ili prolasku zraka iz unutrašnjosti prema van. Kao i toplinsko izolacijski plašt, zrakonepropustan plašt mora biti potpun i bez prekida. Važno je da se što više zraka provodi kroz sustav za rekuperaciju topline nego što bi se izgubilo kroz vanjsku ovojnicu.

6.6.1. Prozori

Prozor koji je ugrađen u skladu s održivom gradnjom, mora imati dobre toplinske izolacijske karakteristike, tako da se njegova unutarnja površinska temperatura što više približi temperaturi zraka u prostoru. To je potrebno zbog temperaturne ugodnosti, ali i zbog sprječavanja kondenzacije vlage. Nekada se koristilo jednostruko ostakljenje s velikim prolaskom topline. Istraživanja su potvrdila da niti dvostruko ostakljenje koje je uobičajeno u današnjoj izgradnji ne može zadovoljiti nove i znatno strože zahtjeve toplinske izolacije stakla. Sada se izolacijsko ostakljenje sastoji od tri stakla umjesto do sad korištena dva stakla. Takvo staklo ima vrlo mali prolaz topline te imaju sličnu izolaciju kao i vanjski zid. Međuprostor tih stakala ispunjen je plemenitim plinom argonom, kriptonom ili ksenonom, radi bolje toplinske izolacije. Da bi se što više spriječio prodor dugovalnih toplinskih zračenja, na staklo se još nanosi tanak sloj srebrnog oksida. Prednost takvih prozora je što zimi sunčevu energiju više propuštaju u prostor nego toplinu iz prostora kuće. Kako bi principi održive gradnje bili zadovoljeni, važno je imati kvalitetna toplinska izolacijska ostakljenja jer kada je to ostvareno, kuću je moguće projektirati bez grijanih sustava koja se nalaze u blizini ostakljenja.



Slika 10. Presjek i temperaturni učinak ovisno o broju slojeva stakala

Izvor: Mulić S., Softić E.: [Staklo u funkciji poboljšanja energetske efikasnosti kod niskoenergetskih i pasivnih kuća](#)

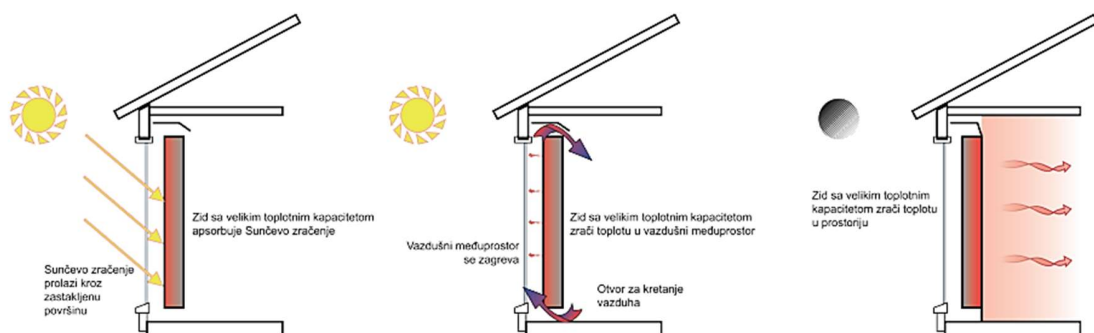
6.6.2. Vrata

Vrata za pasivne kuće znatno se razlikuju od uobičajenih ulaznih vrata koje su osmišljene za standardne kuće. Kod takvih je vrlo važna zrakonepropusnost, stoga vrata moraju imati brtve sa svake strane: na stranama i gore dvostruko, a kod praga jednostruko. Kao i drugi otvori na plaštu kuće, ulazna vrata često predstavljaju slabu točku na toplinskoj ovojnici. U principu moraju ispunjavati jednake zahtjeve koje vrijede za prozore, ali uz još nekoliko posebnih zahtjeva: minimalna visina praga, jednostavna uporaba, zaštita od provale, zvučna izolacija i toplinska zaštita. Da bi se postigla dodatna zrakonepropusnost, vrata moraju osiguravati stabilan oblik. Uz to, vratna krila imaju i gore i dolje dodatne zatvarače koji stisnu krilo na brtvilo. Moraju imati dobru toplinsku izolaciju stoga ne smiju omogućavati prevelik prolaz topline. Slično kao i kod prozora, važna je ugradnja vrata bez opasnosti za nastanak toplinskih mostova, do čega često dolazi kod pragova. Debljina vrata kreće se od 85 do 105 mm te se zbog zrakonepropusnosti zahtjeva prag u visini 15 mm.

6.7. Akumulacija topline u konstrukciji

Glavna namjena spremanja topline u kući je iskorištavanje Sunčevog zračenja kad ga više nema. Na taj način se često smanjuju potrebe za grijanjem. Zrake prodiru kroz staklo i dolaze na građevne elemente u prostoru. Dio zračenja se apsorbira u materijalu i grije ga, a dio se odbija od drugog građevnog elementa. Što je veći prolazak topline i specifična toplina materijala, to će biti veća količina spremljene energije. Temperatura zraka će se u prostoru malo povisiti ali neće doći do pregrijavanja prostora. Nakon prestanka Sunčevog zračenja,

postupak se okrene. Tada je temperatura u masivnom elementu viša od temperature zraka te kao takva počinje zagrijavati zrak u prostoru. Tako dolazi do ujednačavanja temperaturnih odnosa i kada nema prisustva Sunčevog zračenja. Za što učinkovitije iskorištavanje Sunčeve energije koriste se masovni zidovi. Iako su hladni na dodir, oni zbog velikog toplinskog kapaciteta vrlo dobro spremaju toplinu. Kako bi se smanjili toplinski gubici i što više iskoristila mogućnost spremanja topline, debljina zida imaće samo statičku ulogu. Povoljni materijali za korištenje su opeka i beton, a najveću važnost u spremanju topline imaju podovi.



Slika 11. Apsorbiranje i spremanje Sunčeve energije u konstrukciju

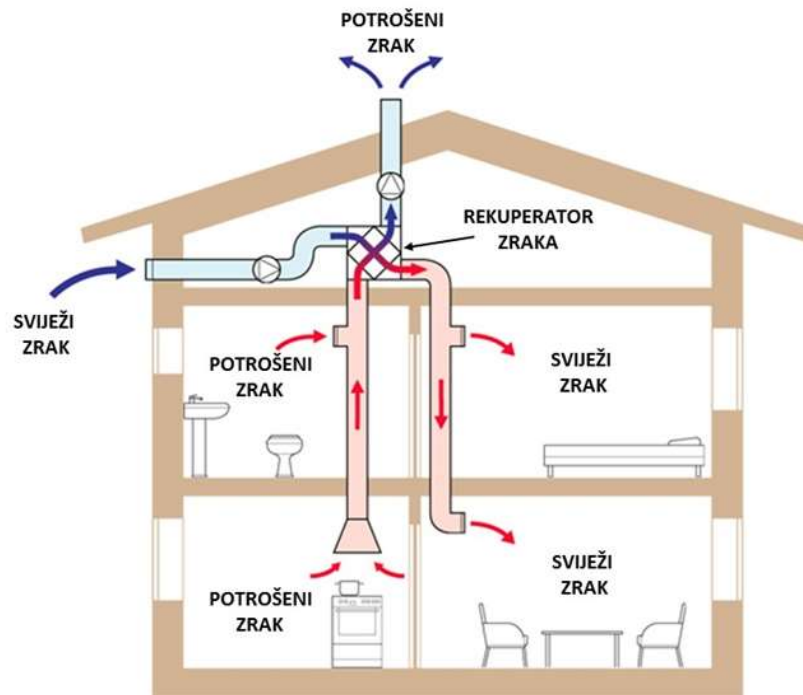
Izvor: Konstantinou T., Prieto A.: [Ekološki principi projektovanja omotača zgrada i dalje: Pasivne i aktivne mere](#)

6.8. Ventilacija i prozračivanje

Ventilacija je u kući potrebna zbog osiguravanja odgovarajuće kvalitete zraka. Istraživanja pokazuju da je u prostoru svakog sata potrebno osigurati 25-35 m² svježeg zraka po osobi. To bi značilo da bi se u prosjeku svaka 3 sata morao otvoriti prozor na 15 minuta što je u praksi dosta teško izvedivo. Samim time, puštanjem iskorištenog zraka iz prostora gubi se i toplina, što smanjuje toplinsku ugodnost u prostoru i povećava potrebu za grijanjem. Standard niskoenergetske kuće zahtjeva zrakonepropusan plašt jer se time maksimalno smanjuju ventilacijski toplinski gubici. Ali na taj način se gotovo u potpunosti sprječava dovod svježeg zraka u kuću, što je ujedno i veliki nedostatak. Kako bi dovodili stalno svjež zrak u prostore, ugrađuju se kontrolirani sustavi ventilacije s vraćanjem topline otpadnog zraka - rekuperacijom². Proces započinje prolaskom vanjskog zraka koji kroz zaštitnu rešetku

² Rekuperacija – vraćanje topline otpadnog zraka; u uređaju za ventilaciju ugrađen je izmjenjivač topline rekuperator koji iskorištenom izlaznom zraku oduzima toplinu i njome grije hladan ulazni zrak

dolazi do uređaja za ventilaciju. Prije nego što zrak uđe, u filteru se pročisti od nečistoća i prašine. Zrak dolazi u rekuperator i zagrije se toplinom otpadnog zraka koji izlazi van iz kuće. Zagrijani zrak se širi i dovodi do prostorija u kući, dok se istovremeno iskorišteni zrak, koji se već nalazio u prostorijama, dovodi do uređaja za ventilaciju i odvodi van. Tada rekuperator daje toplinu odvodnog zraka svježem dovodnom zraku. [14]



Slika 12. Princip cirkulacije zraka kroz ventilaciju sa ugrađenim rekuperatorom
Izvor: mcsolar.hr: [Rekuperacija zraka - MC Solar](#)

7. Kako stvoriti pametnu kuću?

Kuće nove generacije sve se više grade s infrastrukturom pametne kuće odnosno dizajniraju se s ugrađenim uređajima pametnog doma. S druge strane, starije izgrađeni domovi mogu se naknadno opremiti pametnom tehnologijom. Pametna kuća nije samo skup različitih pametnih uređaja, već je skup onih uređaja koji rade zajedno na način da bi stvorili mrežu kojom se može upravljati na daljinu [15]. Na taj način lakše je dizajnirati kuću kada se gradi kao novo prilagođeni objekt počevši “od nule” jer tada možemo koordinirati sve uređaje, pružatelje i usluge od samog početka kako bi od pametne kuće dobili najbolje iskustvo.



Slika 13. Prisutnost mogućih sustava u kući

Izvor: [researchgate.net](https://www.researchgate.net/publication/328111111): [Sensors used in smart home security system | Download Scientific Diagram](#)

7.1. Kako rade pametne kuće?

Pametna kuća je sustav kod kojeg se podrazumijeva integracija raznih električnih uređaja u jedinstveni sustav kojim se može upravljati na različite načine; ovisno o životnom stilu, navikama ili potrebama korisnika. Svim uređajima upravlja glavni kontroler kućne automatizacije koji se često naziva i središtem pametne kuće. On djeluje kao središnja točka cijelog sustava kuće i ima zadatak primiti i obraditi podatke te bežično komunicirati. Kombinira sve pojedinačne aplikacije u jednu kućnu aplikaciju kojom korisnici kuća mogu daljinski upravljati. Taj fenomen u kojem su svi različiti uređaji umreženi i međusobno komuniciraju, naziva se Internet stvari – IoT³. IoT će djelovati kao središnji živčani sustav pametnog doma na način da integrira kompatibilne uređaje sustava tako da rade zajedno.

³ IoT – Internet of Things

Za komunikaciju svih uređaja i dijeljenje informacija zaduženi su protokoli, odnosno skupovi pravila koji definiraju komunikaciju između njih. Oni određuju na koji će način poslati signal iz jednog uređaja do drugog za vrijeme neke radnje, kao što je naprimjer, paljenje ili gašenje svjetla. [16]

7.2. Sustavi pametnih kuća

Sustavi pametnih kuća mogu biti bežični ili žičani ili funkcioniraju putem postojeće strujne mreže. Bežične sustave je lakše instalirati, no njihova mana leži u tome da je potrebno imati vrlo dobru pokrivenost internetske veze u cijeloj kući. Žičani sustavi se smatraju pouzdanijima te ih je teže hakirati. Kao što je već spomenuto, pametni sustav se može ugraditi u bilo kojoj fazi renovacije doma ili gradnje kuće. Uvijek je prednost predvidjeti pametni sustav u fazi planiranja prilikom projektiranja objekta zbog potrebnih instalacija koji se trebaju ugraditi, ali postoji mogućnost da budu ugrađene i u već izgrađene objekte bez potrebe za novim ožičavanjem. Postoje brojne mogućnosti uvođenja sustava pametne kuće različitih stupnjeva integracije ovisno o našim željama te veličini objekta, o čemu će na kraju ovisiti i njihova cijena.



Slika 14. Prisetni sustavi pametnih kuća

Izvor: amplituda.hr: [Integracija i automatizacija - Amplituda - KNX pametna kuća](#)

Ovi sustavi integriraju sustav grijanja, hlađenja, protuprovalni i protupožarni sustav, rasvjetu te audio i video sustav u jedinstvenu cjelinu u svrhu bolje kvalitete života; od optimalnog korištenja energije do komfora upravljanja kućom te samog boravka u kući. Cijeli sustav je temeljen na centralnom procesorskom sustavu koji kontrolira i upravlja ostalima. Sustav dobiva informacije iz vanjskog svijeta putem različitih senzora kao što je temperatura iz vanjskog prostora ili prostorije, svjetlosnih senzora, mehaničkih senzora otvorenosti ili zatvorenosti vrata i prozora, senzora detekcije pokreta te vatre i dima. Dobivene informacije se obrađuju u procesoru i na temelju pravila definiranih protokolom, procesor upravlja svim ostalim uređajima, svjetlom, sustavom za grijanje, klima uređajima, automatskim sustavima prozora i vrata te drugima. Svi su uređaji međusobno povezani u centralnu mrežu kako bi mogli biti nadzirani i upravljani s različitih mjesta.

Tehničko upravljanje objektom predstavlja ujedno i upravljanje svim tehničkim sustavima u okviru objekta. Tehnički sustavi u objektu mogu se podijeliti u sustave koji se bave sigurnošću objekta i na sustave koji se bave automatizacijom instalacija u objektu. Sve podatke iz tih sustava objedinjuje centralni procesorski sustav nadzora i upravljanja. [17]

Sigurnosni tehnički sustavi obuhvaćaju podsustave:

1. sustav protupožarne zaštite
2. sustav detektiranja dima
3. sustav kontrole pristupa
4. sustav videonadzora

Sustavi automatizacije obuhvaćaju podsustave:

1. sustav klimatizacije, grijanja, hlađenja i ventilacije
2. sustav sobne automatizacije
3. sustav kontrole osvjetljenja
4. sustav kontrole i analize potrošnje energije

7.2.1. Sustav protupožarne zaštite

Pametna kuća ima veliki potencijal za povećanjem sigurnosti. U slučaju požara ili nepogode poput poplave, sustav isključuje ventile i glavni prekidač napajanja strujom što dovodi do sprečavanja nastanka još veće štete. Sustav za zaštitu požara puno je više od običnog detektora dima i aktivacije sustava dojava i gašenja požara. Ovaj sustav kontrolira sve prostorije u kući i u njima mjeri temperaturu i razinu ugljikovog monoksida. Na taj način ne samo da može otkriti požar, već može otkriti i točnu lokaciju na kojoj je požar izbio i automatski proslijediti tu informaciju vatrogascima. Važna činjenica kod sigurnosti pametne kuće je automatsko obavještanje hitnih službi u slučaju nezgoda ili nesreće te usmjeravanje poziva ili slanje obavijesti vlasniku kuće.

7.2.2. Sustav videonadzora

Videonadzor je neophodan sustav kod pametnih kuća zbog veće sigurnosti te nadzora aktivnosti na privatnom posjedu u samoj okolini kuće. Postavljene kamere u visokoj rezoluciji snimaju kuću i okućnicu te imaju mogućnost pomicanja i zumiranja te dobre vidljivosti u mraku. Na taj način pomno se prati kretnje gibanja. Putem Wi-Fi signala, videozapis se pohranjuje u oblak te u slučaju nečijeg boravka oko kuće, šalje snimljeni videozapis korisniku putem pametnog telefona.

7.2.3. Sustav kontrole pristupa

Nužno je osigurati i sigurnost sustava u pametnoj kući i zaštititi ih od napada. Sustav za kontrolu pristupa sastoji se od sigurnosnih kamera, detektora pokreta ili uljeza u kući i oko nje. Opcije u ovakvim slučajevima su razne. Ukoliko je netko kod kuće, sustav videonadzora prepoznaje kretanje te upozorava ukućane da se približava (ne)poznata osoba. Ako se kod kuće nitko ne nalazi, sustav koji je prethodno programiran, može porukom javiti da je osoba blizu njihove kuće ili im čak poslati video koji trenutno snima sigurnosna kamera. Napredniji sustav ima mogućnost raspoznavanja poželjnih osoba od nepoznatih, uz korištenje informacija sa sigurnosnih kamera te programiranog algoritma za prepoznavanje lica. U slučaju da poznata osoba ipak stoji pred vratima i vlasnik odobri njen boravak u kući, sustav tada na naredbu može odgovoriti otvaranjem ulaznih vrata. Ukoliko nepoznata osoba pokuša provaliti u kuću, pametna kuća osim obavještanja vlasnika, automatski upućuje i poziv policiji.

7.2.4. Sustav klimatizacije i ventilacije

Sustav upravljanja klimatizacijom i ventilacijom omogućava optimalno korištenje hlađenja i grijanja rezultirajući tako uštedom energije. Sustav će prilagoditi temperaturu kuće ovisno o vanjskoj temperaturi zraka tako da čini optimalnu temperaturu unutar svih prostorija. Na taj način sustav prilagođava različite temperature u svakoj prostoriji kuće bez obzira boravi li se u njoj trenutno ili ne. Zbog uštede energije, automatizirano je smanjenje hlađenja ili grijanja noću u prostorijama u kojima nitko ne boravi. Također, onemogućeno je paljenje grijanja ili hlađenja dok se svi prozori ne zatvore. Ljeti se rolete najčešće na južnoj strani kuće spuštaju sprečavajući dodatno zagrijavanje prostora, dok se zimi automatski podižu propuštajući tako Sunčevu toplinu.

7.2.5. Sustav kontrole osvjetljenja

Sustav rasvjete uključuje razne senzore u prisutnosti i odsutnosti korisnika. Senzori detektiraju kada u prostoriji nema nikoga te se svjetla automatski isključuju. Na taj način rezultiraju uštedom energije. Ako se u prostoriji pojavi osoba, detektor će osjetiti kretanje u prostoriji, poslat će signal centralnoj upravljačkoj jedinici te će se tada svjetla upaliti. Na ovoj strategiji temeljenoj na prisutnosti odnosno odsutnosti korisnika, može se proizvesti značajna ušteda energije rasvjete od 24% na godišnjoj bazi.

8. Pametne kućne tehnologije

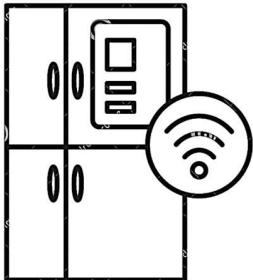
Svaki integrirani sustav u kući za sobom donosi i tehnologiju koja je ugrađena kako bi funkcionirala na zadani način. Ono što razlikuje pametne uređaje od onih klasičnih je upravo mogućnost upravljanja njima na daljinu te rješavanje problema s kojima se ljudi i danas susreću. Jedan od najboljih primjera je zaboravljanje isključivanja električnih aparata iz struje pri odlasku iz kuće, koji se pokazao kao uzrok mnogih nesreća u kući poput požara kojeg izazove kratki spoj. Nove tehnologije će donijeti pametne utičnice koje se mogu isključiti iz toka električne struje ukoliko neki od uređaja ostaje uključen ili će pametni uređaj prepoznati dužu neaktivnost korisnika te se sam staviti u fazu mirovanja i isključiti. Osim sigurnosti, prednost ovih uređaja je i ušteda novca. Kroz uključenu električnu opremu koja se trenutno ne koristi i dalje postoji tijekom električne struje koji u toj fazi može potrošiti do 10% ukupno potrošene električne energije.

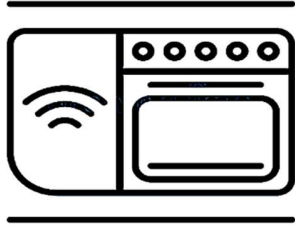



8.1. Integracija kućanskih uređaja

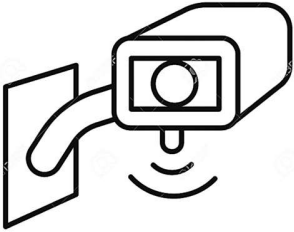
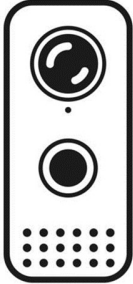


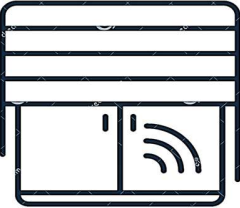
Cilj svih sustava i nove tehnologije je da se lako mogu prilagoditi našim potrebama, da čine dom sigurnijim i naš svakodnevni život u njemu boljim i lakšim, a da prilikom toga štede za nas. Takve pametne kuće će imati sposobnost i u smislu uštede energetske učinkovitosti. U nastavku se nalazi pregled i karakteristike uređaja koji integracijom u pametnu kuću tome pridonose.

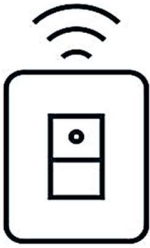

Tablica 1. Karakteristike pametnih uređaja

Izvor: autor; slike u tablici preuzete sa [iStock](#) i [Dreamstime.com](#)

Pametni hladnjak	<ul style="list-style-type: none">- skeniranje proizvoda i datuma isteka trajanja prilikom stavljanja hrane- obavijest putem mobilnog telefona o stanju namirnica i o datumu isteka- mogućnost automatske narudžbe namirnica na kućnu adresu	
------------------	--	---

<p>Pametna pećnica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - komunikacija s pametnim hladnjakom; predlaganje recepata na osnovi dostupne hrane u hladnjaku - određivanje temperature i vremena tretiranja hrane prilikom stavljanja - sprečavanje gorenja snižavanjem temperature kada hrana dosegne glavnu temperaturu - mogućnost provjere unutarnje temperature hrane - obavještavanje korisnika da je hrana spremna 	
<p>Pametna perilica/sušilica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mogućnost pokretanja ciklusa pranja putem pametnog telefona - automatski određuje program pranja na temelju vrste odjeće - automatsko doziranje deterdženta i omekšivača ovisno o programu pranja 	
<p>Pametni termostats</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mogućnost podešavanja različitih temperatura u različitim prostorijama - podešavanje optimalne temperature ovisno o vanjskoj temperaturi zraka - sprečavanje paljenja ukoliko svi prozori nisu zatvoreni - mogućnost podešavanja temperature sa pametnog telefona i kada korisnik nije kod kuće 	
<p>Pametne brave</p>	<ul style="list-style-type: none"> - mogu raditi bez fizičkog ključa - mogućnost automatskog otvaranja vrata kada senzor brave detektira pametni telefon vlasnika u blizini - različite opcije otključavanja: otisak prsta, PIN kod, elektronska kartica, aplikacije (WiFi, Bluetooth), fizički ključ 	

<p>Pametne sigurnosne kamere</p>	<ul style="list-style-type: none"> - nadzor u otvorenom i u zatvorenom prostoru - vrlo dobro praćenje pokreta, mogućnost zumiranja, pomicanja, dobre vidljivosti u mraku - slanje videozapisa putem pametnog telefona 	
<p>Pametno zvono</p>	<ul style="list-style-type: none"> - sadrži ugrađenu kameru i mikrofون - mogućnost razgovora s posjetiteljem ispred vrata i kada nikoga nema kod kuće - omogućava provjeru na pametnom uređaju tko se nalazi pred vratima; snimanje posjetitelja prilikom pritiska zvona na vratima 	
<p>Pametni detektor dima</p>	<ul style="list-style-type: none"> - detektor dima i ugljikovog monoksida - slanje upozorenja s lokacijom na pametni uređaj ukoliko je količina CO veća od dopuštene - mogućnost povezivanja na druge uređaje (termostat) 	
<p>Pametne žarulje</p>	<ul style="list-style-type: none"> - upravljanje žaruljama preko aplikacije na pametnim uređajima - paljenje/gašenje svjetla prema rasporedu ili o vremenu izlaska i zalaska Sunca - mogućnost mjenjanja boja, svjetline, rada i inteziteta svjetla 	
<p>Pametne rolete/žaluzine</p>	<ul style="list-style-type: none"> - upravljanjem roleta putem uređaja - automatsko spuštanje roleta ljeti kako bi se spriječilo dodatno zagrijavanje prostora - automatsko podizanje roleta zimi zbog upadanja prirodne svjetlosti u prostoriju te grijanja Sunčevom toplinom 	

Pametni prekidač	<ul style="list-style-type: none"> - umjesto dosadašnjih klasičnih prekidača - povezivanje na WiFi mrežu - rad paljenje/gašenje na daljinu ili putem dodira 	
Pametne utičnice	<ul style="list-style-type: none"> - umetne se u električnu utičnicu - uređajima spojenim na ovu utičnicu može se upravljati preko aplikacije na pametnom uređaju - doprinosi uštedi energije isključivanjem toka električne struje kroz uređaj koji se trenutno ne koristi 	

8.2. Interakcija s uređajima

Mogućnost integracije uređaja olakšat će svakodnevicu i način života njihovih korisnika. Ako je u korisnik u žurbi napustio kuću, ne mora puno brinuti je li ostavio gdje upaljeno svjetlo, grijanje ili isključio sve uređaje. Ukoliko je uređaj ostao uključen u pametnu utičnicu, korisnik preko pametne aplikacije može poslati naredbu da se utičnica isključi. Senzor u prostoriji će primijetiti da određeno vrijeme nije bilo kretanja te će sam ugaziti svijetlo. Termostat će u cijeloj kući podesiti optimalnu temperaturu i zatim se isključiti. Pametna aplikacija centralnog sustava omogućit će mu kompletan uvid u kuću. Prije nego što dođe doma, može provjeriti stanje u svome hladnjaku te upaliti pećnicu da se zagrijava za večeru dok je na putu kući.

Možemo reći da je upravljanje kućnim uređajima sada moguće s jednog mjesta. Mogućnost da sva tehnologija u našem domu bude povezana putem jednog sustava je veliki korak za tehnologiju, ali i za čovjeka koji živi to okruženje. Sustav se sada može prilagoditi našem životnom stilu, a ne obrnuto. Od prilagođene elektronike možemo dobiti sustav programiran prema našim potrebama [18]. Pametni kućanski uređaji razvijaju vještinu samoučenja i prilagodbe kako bi mogli naučiti rutine svojih vlasnika. Jedna od prednosti tehnologije pametnog doma je sposobnost učenja i postavljanja rutina u određeno doba dana ili na duži

period. Kuću možemo programirati da pamti kada vlasnik dolazi kući i kako podešava grijanje pa da po tome ubuduće sama postupa.

Sada je kuća sposobna kreirati i pamti jednostavne scenarije koje je moguće pokrenuti u bilo koje vrijeme s različitih mjesta. Ako je vlasnik kuće na odmoru, sustav se može programirati da simulira prisustvo vlasnika unutar kuće. To je jedan oblik sigurnosti za kuću kada je on odsutan. Tada se može izraditi scenarij koji simulira da je netko kod kuće i kada nije. Nasumično će se paliti i gasiti svjetla te dizati i spuštati rolete u različitim prostorijama. Takav scenarij može odvratiti i preplašiti potencijalne provalnike. [19]

9. Prednosti pametnih kuća

Pametna kuća ima puno prednosti i malo nedostataka. Pametna kuća je kuća opremljena tehnologijom koja omogućuje komunikaciju između pametnih uređaja i veću kontrolu nad vašim domom. Prednosti uključuju energetska učinkovitost, prilagodbu i jednostavnost korištenja, dok nedostaci uključuju cijenu i oslanjanje na internet. Prednosti daleko nadmašuju nedostatke. (Smart Home Starter; Advantages and disadvantages of a Smart Home, 2023.)

1. Kontrola putem uređaja

Vlasnicima je omogućena potpuna kontrola nad svim pametnim uređajima u domu putem jednog uređaja. Za to im je potreban pametni telefon ili tablet s funkcionalnom internetskom vezom. Oslanjajući se na povezanost, kvalitetu sustava i usluge, korisnici su u mogućnosti primiti obavijesti od svog doma tako da u bilo kojem trenutku mogu dobiti uvid u stanje što se događa u kući ili oko nje. Jedna od najvećih prednosti kućne automatizacije je upravo nadziranje domova na daljinu, što ulijeva jednu dozu bezbrižnosti vlasnicima. Jednostavnost korištenja uređaja je neophodna. Danas smo svi donekle izloženi tehnologiji te od aplikacija koje koristimo za upravljanje očekujemo jednostavnost i funkcionalnost. [20]



Slika 15. Upravljanje domom putem pametnog telefona

Izvor: livmark.hr [Livmark](#)

2. Poboljšanje učinkovitosti

Kućna automatizacija pomoći će korisnicima da poboljšaju učinkovitost. Sustav pametne kuće sada može naučiti ponašanja i navike vlasnika te prema njima izraditi scenarije. Time se prvenstveno štedi vrijeme i novac. Sustav može upamtiti vrijeme kada vlasnik uobičajeno dolazi doma te uključiti klima uređaj da rashladi kuću prije njegovog povratka, umjesto da ona radi cijeli dan. Isto će vrijediti i za ostale uređaje. Najvažnije od svega, vlasnik će u bilo kojem trenutku moći kontrolirati sve radnje i prilagođavati ih svojim potrebama.



Slika 16. Izrađeni scenarij pametnog sustava na temelju jutarnjih rutina
Izvor: uid.com [Home, smart home – theory and practice of the connected home](#)

3. Praćenje i očuvanje energije

Uz prisutnost pametnog sustava, energija, voda i drugi resursi koristit će se učinkovitije, što pomaže uštedi prirodnih resursa i novca potrošača. Recimo, s pametnim sustavom navodnjavanja, travnjak će se zalijevati kada je to potrebno i točnom količinom vode koja je potrebna. Postojat će i neki pametni uređaji koji će nam pomoći uštedjeti energiju. Jedan od načina je automatsko gašenje uređaja kada nema duge aktivnosti. Pametne utičnice imaju mogućnost praćenja energije. One nam mogu poslati uvid u količinu potrošene energije koju troši svaki od uređaja. Svaki od uređaja će izbjegavati prekomjerno zagrijavanje i pomoći nam da toplinu iskoristimo što učinkovitije. Na taj način možemo uštedjeti velike količine energije, što upućuje i na uštedu novca.



Slika 17. Mogućnost praćenja potrošene količine energije

Izvor: ecologycenter.us [Optimize Household Energy: Best Monitoring Solutions - Green Gadgets](#)

4. Prilagodba sustava

Pametne kuće mogu biti složene ili jednostavne, ovisno o individualnom izboru. Nikada ne postoji opcija koja odgovara svima, tako da je na nama hoćemo li iskoristiti jedan uređaj ili deset. Obzirom na to, možemo automatizirati svaki dio našeg doma ili područja koja više odgovaraju našim potrebama. Drugim riječima, naš dom možemo personalizirati, bilo to iz zabavnog aspekta ili iz jednostavnosti uporabe. Na nama je da pronađemo uređaje koji će poboljšati naš život i dodati vrijednost našem domu.

5. Sigurnost

Kada govorimo o sigurnosti, prvenstveno mislimo na sustav videonadzora te senzore za vrata i prozore. Putem uređaja možemo provjeriti svoj dom s bilo kojeg mjesta, ali i primiti obavijest kada se u blizini kuće primijeti kretanje. Sigurnosne kamere snimit će događaj te poslati video uživo vlasniku. Ukoliko se uoče sumnjive aktivnosti na posjedu poput provale, sigurnosni sustav uključuje alarm i šalje automatski poziv policiji. Sigurnost je prisutna i u sustavima protupožarne zaštite i detekcije dima. Ukoliko dođe do požara, sustav će se pobrinuti da isključi sve ventile i napone struje

kako bi spriječio nastanak veće štete. Detektori će u kući otkriti točnu lokaciju gdje je uočio porast temperature ili štetnih plinova te automatski obavijestiti vlasnika i hitne službe.



Slika 18. Kontrola putem videonadzora sa pametnog uređaja

Izvor: forbel.com/custom-security-solutions: [How Much Does a Business Security System Cost? | Forbel Alarms](http://forbel.com/custom-security-solutions)

10. Nedostaci pametnih kuća

1. Globalni protokol

Pametni uređaji mogu međusobno komunicirati, ali ponekad se može javiti problem ako govore različitim programskim jezicima. To znači da uređaji moraju biti međusobno kompatibilni da bi međusobno radili. Ako nisu, to znači da je vrlo vjerojatno da ćemo se morati prijaviti u više aplikacija kako bi upravljali svojim domom [21]. Uvijek postoji rizik da nadograđeni dio sustava neće raditi na željeni način. Ovaj slučaj ne predstavlja ogroman problem, ali umanjuje pogodnost pametnog doma.

2. Složenost sustava

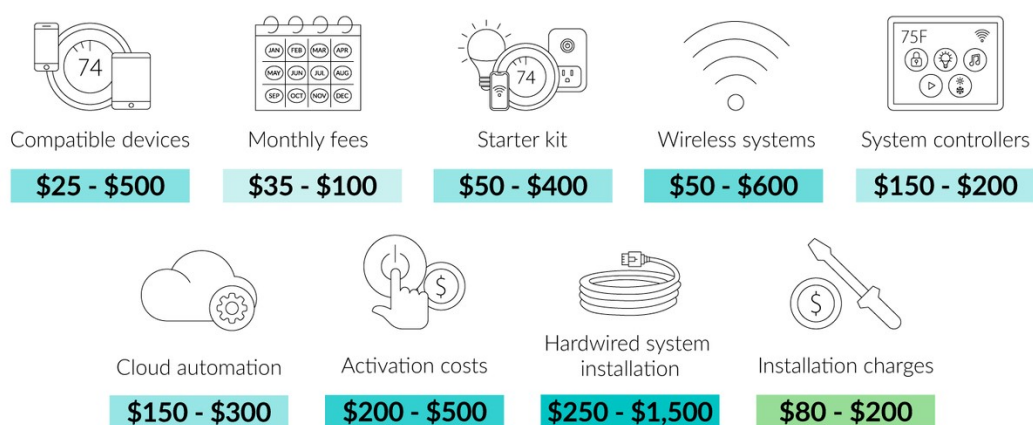
Iako pametna kuća nudi praktičnost, još uvijek postoje izazovi. I dalje se mogu javiti sigurnosni rizici i pogreške koji jednako muče i proizvođače i korisnike tehnologije. Sve se više radi na smanjenju složenosti i poboljšanju korištenja kako bi bilo jednostavno i ugodno za sve korisnike. Osim što se mogu javiti početni problemi u učenju složenih sustava, tako se kasnije mogu javiti i problemi s njihovim održavanjem i popravkom. Tehnologija vrlo brzo napreduje te je problem ako ugrađena oprema u domu uskoro zastari. Tada će biti potrebno napraviti neke prilagodbe koje će također iziskivati i određeni trošak.

3. Internetska veza

Ako vlasnik želi upravljati svojim pametnim domom preko uređaja s udaljenih mjesta, mora osigurati pouzdanu internetsku vezu. No to nije uvijek slučaj, može se dogoditi da se neće moći dovoljno dobro povezati sa svojim uređajima. Ukoliko se u objektu pojavi problem s vezom, za to postoji jednostavno rješenje. Uređaji ne smiju biti previše udaljeni i poželjna je nadogradnja bežičnog pojačivača kako bi osigurali internetsku povezanost u cijelom domu. Ono gdje internetska veza može još raditi probleme je kod pitanja sigurnosti.

4. Cijena sustava

Pametna tehnologija kao i troškovi instalacije mogu biti vrlo skupi. Opremanje cijelog doma povezanim uređajima i aparatima zahtjeva popriličan trošak. No na korisniku je da odluči koje uređaje želi implementirati i u koje segmente svoga doma. Značajno su skupi i troškovi instalacije svih sustava, ali ne treba uzeti u obzir samo početne troškove instalacije nego i dugoročne prednosti koje donose.



Slika 19. Raspon cijena uređaja, sustava i instalacija

Izvor: Graham A., fixr.com: [Fixr.com | Home Automation Cost | Smart Home Costs](https://www.fixr.com/home-automation-cost/)

5. Sigurnost i privatnost

Sve što je povezano na internet imaće neku vrstu sigurnosnog problema. Pametne kuće s kompletnim sustavom povezanim na internet mogu predstavljati sigurnosni rizik. Kada tehnologija padne u pogrešne ruke, mogu se javiti problemi s privatnošću. Ukoliko se uloži dovoljno truda da se sustav zaštiti, tada će šanse da bude hakiran biti prilično male. Ako se hakeri ipak uspiju probiti u sustav, u mogućnosti su ukloniti sve prepreke koje ih sprečavaju u provali te imati pristup kontroli kuće. Ukoliko uspiju ugasiti kamere, alarm i otključati vrata, dom će im postati laka meta. Ako bi potencijalno pristupili i mreži vlasnika kuće, to bi moglo dovesti do velikih osobnih napada ili čak krađe podataka.

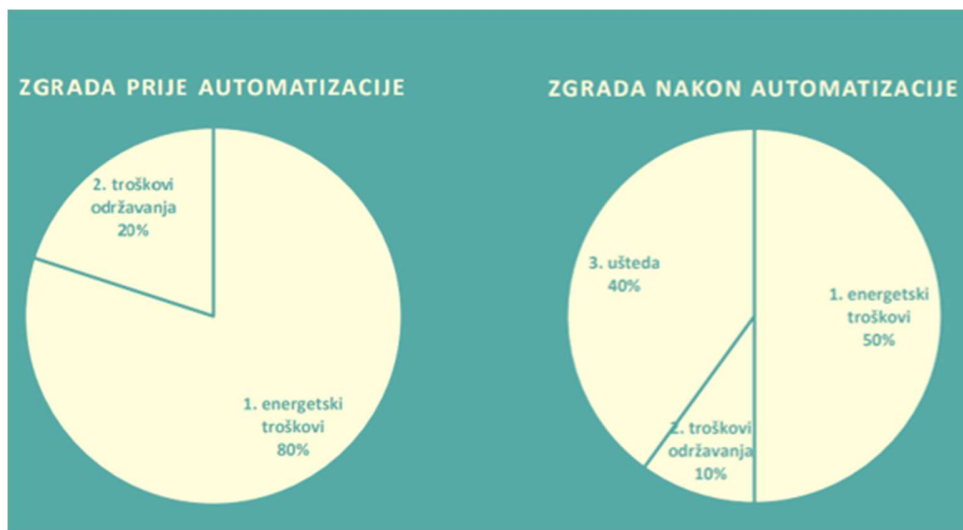
Faktor sigurnosti je prikazan u isto vrijeme i kao prednost i kao nedostatak pametne kuće.

11. Budućnost gradnje pametnog doma

11.1. Investiranje u modernu gradnju

Realizacija pametnog doma zahtjeva ulaganje u pametne uređaje na koje treba gledati kao na investiciju. Takva investicija prilikom automatizacije kuće može biti vrlo vrijedna kada je u pitanju privlačenje potencijalnih kupaca u budućnosti. Stoga će moderna gradnja biti budućnost stanovanja koji će življenje učiniti jednostavnijim i lakšim.

Pomoću posebnih uređaja i instalacija postizemo veliku uštedu energije koju bi trošili našim nemarom u klasičnoj instalaciji. Ušteda može biti i do 30% godišnje. Osim uštede energije imamo i uštedu vremena jer tehnologija obavlja posao za nas. Pametne kuće su relativno novi način gradnje kuća pa im je cijena radova nažalost znatno veća od klasične kuće. Novac investiran u radove bi nam se isplatio tek nakon više godina ako uzimamo za primjer prosječnu kuću, dok bi za veću kuću investicija bila veća, ali bi postigli veću uštedu te tako brže vratili uloženi novac. (Električna instalacija pametne kuće; Krajinović, 2021.) [22]



Slika 20. Dijagram uštede energije i resursa
Izvor: trendir-smart home: [Pametna kuća](#)

11.1.1. Troškovi izgradnje pametne kuće

Cijena gradnje pametnog doma ovisit će prvenstveno kao i kod klasično izvedene kuće, o vrsti materijala, vrsti konstrukcije, transportu na gradilište te o tipu kuće. U Hrvatskoj bi cijena gradnje pametne kuće potencijalno mogla biti visoka zbog nedovoljne educiranosti projekatanta i investitora u smislu zahtjeva takvih građevina.

Zahtjev koji bi trebala ispuniti svaka građevina prilikom gradnje je dobra toplinska izolacija te kvalitetna ugradnja stolarije. Toplinska izolacija ne smanjuje samo gubitke topline u zimskom razdoblju, već sprječava pregrijavanje kuće u ljetnom razdoblju. Ulaganjem u kvalitetnu ovojnicu svoje kuće, smanjujemo troškove za grijanje i hlađenje koji čine veliku većinu u potrošnji energenata.

Ugradnjom pametnih uređaja u kuću koja nije energetske štedljiva, cijena troškova života će rasti, a udobnost stanovanja opadati. Cilj ekološke i štedljive gradnje je u tome da će se velika početna investicija ipak isplatiti kroz nekoliko godina.

11.1.2. Troškovi ugradnje pametnih sustava

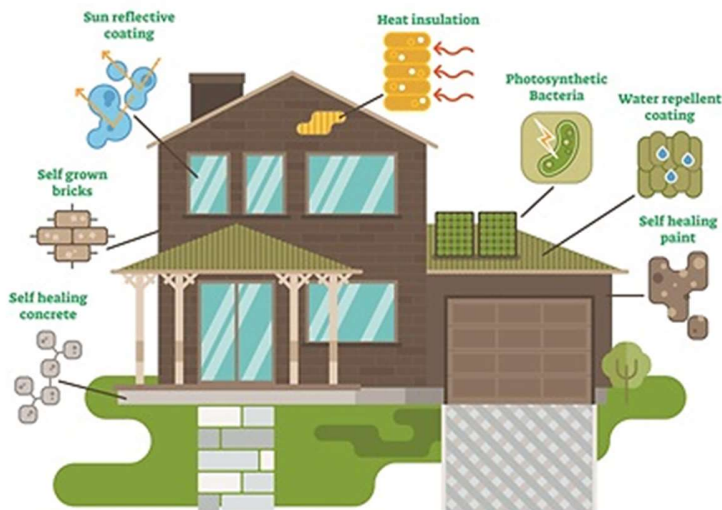
Teško je reći koliko će konkretno koštati jedna pametna kuća. S današnjom elektronikom, neke osnovne sustave je moguće napraviti za samo par stotina ili tek za par tisuća eura. Osnovni sustavi su vrlo pristupačni na tržištu kad je u pitanju cijena, ali njihova prednost je što se mogu nadograđivati ovisno o potrebama i mogućnostima. Ukoliko se stan želi opremiti malo kvalitetnije i u većem opsegu mogućnosti, onda se tu ovisno o željama i cijene kreću nešto više.

Koncept pametne kuće nudi širok raspon mogućnosti, a na svakom korisniku je da odabere koji će segment odgovarati njegovim potrebama i koji je u skladu s njegovim financijskim mogućnostima. Potražnja za ugradnju sustava zaštite objekata je u porastu te je jedan od onih sustava koji se obavezno pronalaze u sklopu pametnog doma.

Nekada se takav oblik zaštite smatrao luksuzom, no danas postaje sve pristupačniji i pridonosi povećanju osobnog osjećaja sigurnosti. (Električna instalacija pametne kuće; Krajinović, 2021.)

11.2. Pametni građevinski materijali

Dosadašnje građevinske materijale zamjenjuju materijali koji mogu na dinamičan način odgovoriti na promjene. Pametnim materijalima nazivamo sve materijale, sustave i proizvode čije je svojstvo da reagiraju i prilagode se promjenama u okolišu, bilo na promjenu temperature ili na utjecaj Sunčeve svjetlosti. Možemo reći da su to materijali koji koriste energiju iz okoliša te će iz tog razloga vanjska ovojnica kuće biti od primarne važnosti.



Slika 21. Novi građevinski materijali prilagodljivi okolini

Izvor: technologycards.net: [New building materials - Technology Cards](#)

Kuće od pametnih materijala predstavljaju novi tip s prilagođenim dizajnom pametnih tehnologija i građevinskim materijalima. Iako će glavni fokus biti na vanjskoj ovojnici, važno je znati da u obzir treba uzeti cjelokupni koncept koji će uključivati strukturu, materijale i energetske pristup. [23]

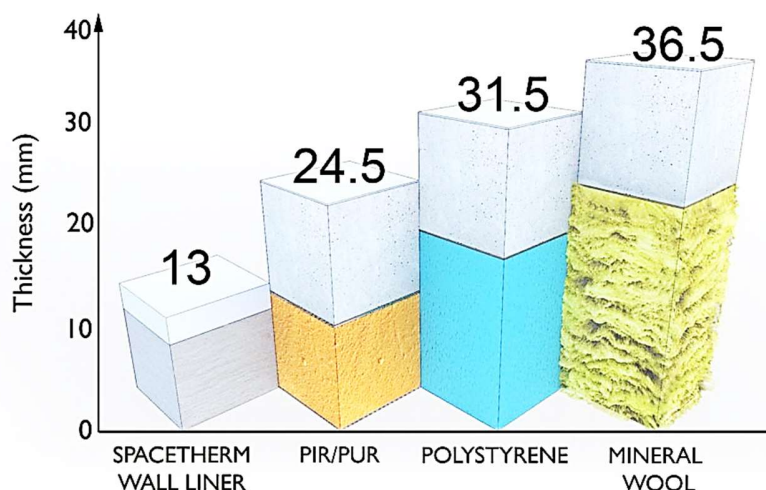
11.2.1. Napredni materijali održive budućnosti

Grafen čini sloj pojedinačnih atoma ugljika povezanih zajedno u obliku saća. Biorazgradiv je, a ono što ga čini posebnim je činjenica da je 200 puta jači i 6 puta lakši od čelika. Može se ugraditi prilikom proizvodnje betona kako bi se dobio kompozitni materijal koji će biti dvostruko jači i vodootporniji od tradicionalnog betona.

Nanotehnologije se mogu primijeniti u različitim oblicima u građevinskom materijalu kako bi se poboljšala izvedba i učinkovitost građevine. U građevinskoj industriji primjenu su našle kod betona, stakla, toplinske izolacije, premaza i boja. Ovakvi materijali su dugotrajniji i

pokazuju bolja svojstva, čime se smanjuju dugoročni troškovi održavanja ili zamjene. Dodavanje silicijevog dioksida u betonsku smjesu rezultira povećanom tlačnom čvrstoćom i modulom elastičnosti betona koji dovode do poboljšanja čvrstoće i trajnosti građevine.

Aerogel izolacijski materijal koristi hidrofobnu nanoporoznu strukturu aerogela za proizvodnju ultratanke zidne izolacije. Može se primijeniti i za proizvodnju materijala na bazi silicijevog dioksida, osnovnog materijala za vrlo kvalitetne izolacije prozora.



Slika 22. Usporedba debljina dosadašnjih izolacijskih materijala sa aerogelom Spacetherm⁴
Izvor: proctorgroup.com – product Spacetherm WL: [Ultra-Thin advanced aerogel Insulation for solid walls](#)

Samozacijeljujući materijali sintetske su tvorevine koje same popravljaju štetu bez ljudske intervencije ili dijagnoze problema. Korištenje takvih materijala smanjuje troškove popravka i održavanja te povećava sigurnost građevine. Razvija se potencijal sve veće sposobnosti samozacijeljivanja ugradnjom takvih materijala u beton, čelik i staklo.

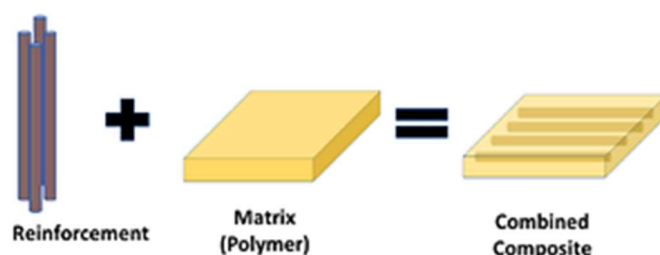
Pametne cigle imaju sposobnost kontrole toplinske energije. Obzirom na svoj dizajn, lako se povezuju i stvaraju prostor za provođenje električne i vodovodne mreže u objektu.

Pametna stakla su inovativni građevinski materijali koji mogu promijeniti vlastita svojstva kao što je na primjer razina zatamnjenosti i odsjaj stakla. Ovo ponašanje može biti automatski odgovor prirodnom okruženju ili pod utjecajem potreba korisnika. Pametno staklo pruža različite funkcije za povećanje sigurnosti i pristup svjetlosti. Može osigurati odgovarajuće razine prirodnog dnevnog svjetla u prostoriji i time smanjiti oslanjanje na

⁴ Spacetherm WL – aerogel izolacijski materijal visokih performansi, prikladan za zidove, krovove i podove.

umjetnu rasvjetu. Automatizacijom kontrole ostakljenja, poboljšava se učinkovitost te se postiže dugoročna ušteda troškova zbog smanjenja potreba grijanja.

Kompozitni materijal nastaje kada se dva ili više postojećih materijala kombiniraju kako bi se stvorio jedinstveni materijal s novim karakteristikama. Budućnost razvijanja materijala donijet će nam mogućnost da će prilikom spajanja biti ugrađen senzor za praćenje i izvještavanje o svim promjenama u materijalu kao što su naprezanja i deformacije.



Slika 23. Sastavni dio materijala ojačan vlaknima od polimera koji čini kompozitni materijal
Izvor: compositeskn.org: [Fundamentals of composite materials - A100 - CKN Knowledge in Practice Centre](#)

Biofilni dizajn koristi se s vanjske i unutarnje strane građevine za okomite vrtne zidove ili unutarnje sadnje zelenila. Određene biljne vrste apsorbacijom toksina pomažu u filtraciji zraka čime utječu na poboljšanu kvalitetu zraka i ventilaciju. Korištenjem senzora mogu se prikupiti informacije o kvaliteti unutarnjeg zraka te kada je biljkama potrebna voda i održavanje. [24]

11.2.2. Ovojnice kuća

Do sada se tradicionalna gradnja svodila na ovojnicu sastavljenu od jednog sloja jedne vrste materijala koji su zadovoljavali funkciju ovojnice. Na taj sloj kroz neko vrijeme su se postupno dodavali završni slojevi s unutarnje i vanjske strane zida. Prihvatanjem novih materijala i tehnika građenja napustili su se postupci tradicionalne gradnje i započelo je razdoblje u kojem se javlja potreba za očuvanjem i korištenjem energije. Tako su se promijenili konstrukcijski zahtjevi i standardi u trenutku kada je oblikovanje ovojnice kao nosivog masivnog zida promijenjeno u korištenje ostakljenih površina.

Za razvoj pametnih ovojnica bit će vrlo važni pametni materijali koji će s vlastitim fizičkim karakteristikama omogućavati razmjenu ili generiranje energije. Ovojnice građevina sve više

sudjeluju u procesu proizvodnje električne energije putem korištenja fotonaponskih ćelija. Ugradnja solarne tehnologije i panela relativno je jednostavna kod novih građevina. Uvjet koji moraju zadovoljiti su zakonska odobrenja i prikladna lokacija s dovoljno sunčanih sati. Ukoliko se oko postojećih zgrada nalaze prostorna ograničenja, ugrađivanje panela moguće je postaviti samo na krov.

Ovojnice će služiti i kao filter; poželjni utjecaji iz okoline će se propuštati u unutrašnjost, dok će nepoželjne mijenjati ili potpuno odbiti od površine. Na taj će način ovojnica očuvati ostale sustave zgrade poput nosive konstrukcije ili instalacija te u integraciji s njima omogućiti ugodno okruženje za korištenje objekta uz što manje financijske troškove. [25]

11.2.3. Energetski pametna fasada

Energetski pametna fasada je ona koja stvara i pohranjuje energiju tijekom cijele godine. Vanjski omotač sastoji se od slojeva zajedno sa vrtinom fasadom koja djeluje kao toplinski štiti preko ljeta. U zaštiti od vrućine i hladnoće sudjeluju i izolacijska stakla.

Materijali koji se koriste mogu apsorbirati toplinu Sunčeve energije i kasnije je otpustiti. Višak topline uklanja iz prostora sprečavajući pregrijavanje, a pohranjena topline se oslobađa tijekom noći. Na taj način temperature se uravnotežuju, što će rezultirati ugodnom klimom unutar kuće. Jedan od materijala je materijal za promjenu faze - PCM⁵, koji se koristi kao središnja jedinica za pohranu topline.

Vanjski omotač može biti opremljen fotonaponskim pločama koji pretvara Sunčevu energiju u električnu, dok će solarne ploče na krovovima pretvarati ju u toplinsku energiju. Fasada i krov kuće dio su koncepta za proizvodnju energije koji se dovode izravno u kuću.

11.2.4. Kinetičke fasade u građevinarstvu

Strukturu fasade koju smo do sada poznavali bila je ona koja je utjecala na materijal fasade zbog dotrajalosti ili vremenskih uvjeta. Kako je tehnologija uznapredovala, tako su se transformirale i fasade koje mogu reagirati na podražaje iz okoliša. Riječ je o kinetičkim fasadama koje se dinamički mijenjaju, pretvarajući zgrade iz statičkih konstrukcija u stalno pokretne površine. [26]

⁵ PCM – Phase Change Materijal

Al Bahar Towers, Abu Dhabi

Jedan od najspomenutijih primjera kinetičkih fasada su kule Al Bahar u Abu Dhabiju, izgrađene 2012. godine u visini od 145 metara. Koristeći aktivne fasadne panele, simulirao se njihov rad kao odgovor na izloženost suncu i promjenu upadnih kuteva tijekom godine. Paneli koji su postavljeni na fasadu otvaraju se i zatvaraju ovisno o kretanju sunca. Izgledom sustav panela asocira na zidnu zavjesu jer je smještena dva metra s vanjske strane zgrade na neovisnom okviru. Ograničavanjem sunčeve svjetlosti štiti se prostor od prekomjerne topline te se smanjuju potrebe za klimatizacijom koja crpi energiju, što zgradu čini održivijom. Fasada je izrađena od metalnih pločica koje tijekom cijelog dana mijenjaju oblik kako bi stvorili optimalne uvjete za hlađenje. Korisnici zgrada mogu kontrolirati te uvjete na način da prilagode fasadu svojim potrebama. [27]



Slika 24. Svaki trokut presvučen je staklenim vlaknima i reagira na kretanje sunca kako bi se smanjio sunčev dobitak i odsjaj

Izvor: m-kvadrat.ba: [Kinetičke fasade u arhitekturi - M-Kvadrat](#)

Kiefer Technic Showroom, Graz

Još jedan primjer kinetičkih fasada je poslovna zgrada i izložbeni prostor u Grazu iz 2007. godine. Konstrukciju čine zidovi od pune opeke, stropovi i podovi od armiranog betona te čelično betonski stupovi. Fasada se sastoji od aluminijskih stupova i sklopivih elemenata od perforiranog aluminijskog aluminija. Sadrži 112 metalnih pločica koje mijenjanjem oblika prema vanjskim uvjetima optimiziraju unutarnju klimu. Fasada zgrade širi se i skuplja kako bi se regulirala količina sunčeve svjetlosti u unutrašnjosti. Ovaj dizajn smanjuje potrebu za klimatizacijom upravo zbog pokretnog štita koji sprečava prodor prekomjerne vanjske topline. Pokretnu fasadu pokreće 56 motora koji aktiviraju automatizirane aluminijske elemente. Zgrada je zbog pročelja koji se tijekom dana mijenja, postala dinamična konstrukcija koja kontrolira vlastitu unutarnju klimu. [28]



Slika 25. Sklopivi aluminijski elementi koji reguliraju prodor svjetlosti i topline
Izvor: archdaily.com: [Kiefer Technic Showroom / Ernst Giselbrecht + Partner | ArchDaily](#)

Bio Intelligent Quotient (BIQ) Building, Hamburg

Riječ je o prvoj zgradi s pogonom na alge, izgrađenoj 2013. godine, koja predstavlja rješenje za dobivanje i korištenje obnovljive energije. Uspostavljen je energetska sustav koji je sposoban odgovoriti na brojne izazove snagom biohibridne tehnologije. BIQ je betonska stambena zgrada od 15 katova čija je fasada obavijena biomasom od algi. Ta se biomasa proizvodi unutar dodatnih prozirnih vanjskih ploča – foto bioreaktora, koje su pričvršćene na strane zgrade i tako opskrbljuju strukturu električnom energijom. Bioreaktori se pune vodom i pumpaju tekućim hranjivim tvarima te ugljikovim dioksidom kako bi alge mogle rasti i kako bi se spriječilo njihovo truljenje. Bioreaktorski paneli stvaraju energiju koja pokreće

strukturu. Zgrada koristi kombinirani energetska pristup, što znači da ujedinjuje niz obnovljivih izvora energije za proizvodnju vlastite energije. Osim solarne energije, riječ je još o geotermalnoj energiji kao i o proizvodnji biomase. Paneli djeluju kao solarni toplinski kolektori skupljajući svjetlost koje alge ne koriste, a zatim ju pretvara u toplinu pomoću izmjenjivača topline. Toplina se može koristiti za toplu vodu ili pohraniti u podzemni geotermalni sustav zgrade. Alge će se povremeno prikupljati i presađivati u spremnike gdje će prolaziti kroz proces fermentacije za proizvodnju plina metana ili biogoriva. Metan će se kasnije koristiti za proizvodnju električne energije. Sva ta proizvedena energija neutralna je u pogledu ugljika. Koncept ove zgrade bio je stvoriti pametnu kuću koja bi kombinirala prilagodljivu strukturu s pametnim tehnologijama i građevinskim materijalima. [29]



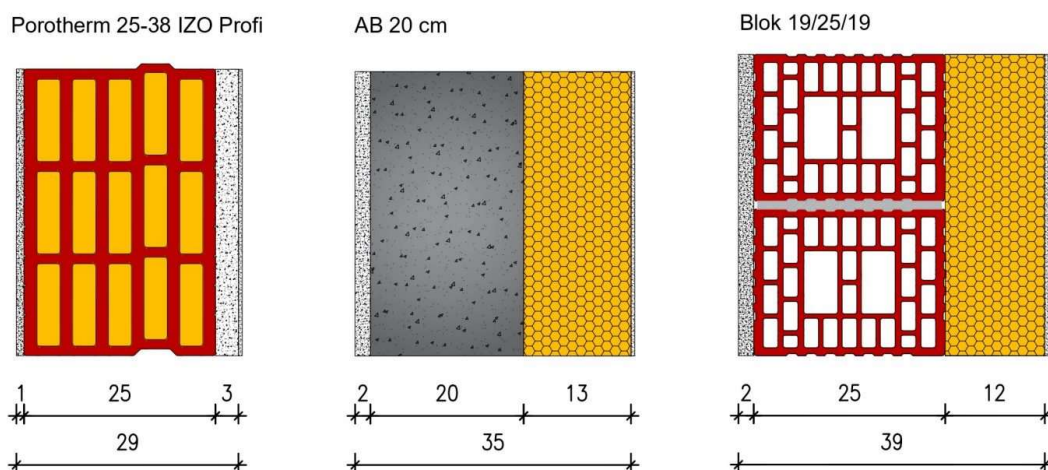
Slika 26. Bioreaktorski paneli postavljeni na stranama zgrade za proizvodnju energije
Izvor: The First Algae-Powered Building Presents Unique Renewable Energy Solution | Engineering.com

11.2.5. Pametna kuća od materijala posljednje generacije

Projekt koji se gradi najmodernijim materijalima današnjice su Zeleni dvori u Bistri. U tom kompleksu predviđeno je 14 stambenih kuća te jedna stambeno poslovna zgrada. Kuće i poslovna zgrada bit će gotovo nulte energije što podrazumijeva gradnju koja prvenstveno vodi brigu o okolišu. Takve građevine bit će štedljive, a i proizvodit će energiju koja im je potrebna. Pri tome jako je važan odabir sustava materijala i sustava građenja.

Kada govorimo o materijalima, svi trebaju biti ekološki prihvatljivi, a kada govorimo o sustavima, oni trebaju malo trošiti te proizvoditi energiju na vlastitoj lokaciji. Zato su jedan od benefita ovog projekta instalirane fotonaponske ćelije na krovu. Njima kuće proizvode više od 90% energetske potrebe iz obnovljivih izvora energije, što utječe na niže troškove stanovanja. Ostali prisutni sustavi u kući su dizalice topline te rekuperatori zraka koji pridonose energetskej štedljivosti. Ovi objekti su energetskei iznimno štedljive kuće energetskeg razreda A.

Kao i pametne kuće općenito i ove su građene po načelima održive gradnje u smislu jednostavnosti oblika građevine, orijentacije prema jugu te osvjetljenosti prostorija i upadu Sunčevih zračenja. Ono glavno što ih obilježava je implementacija pametnog sustava i tehnologije, koji će moći biti upravljani preko mobilnih aplikacija. No na ovom primjeru nećemo se baviti uređajima, već će riječ biti o novim materijalima koji su korišteni prilikom gradnje. [30]



Slika 27. Usporedba debljine zidova: građenih Porotherm opekom, betonskih zidova i zidova građenih običnom opekom

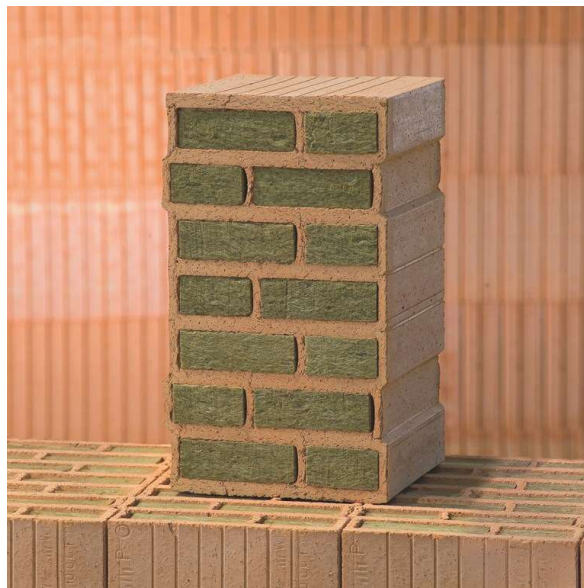
Izvor: wienerberger.hr: [Porotherm IZO Profi opeka](#)

Prilikom ove gradnje korišten je Porotherm IZO profi sustav. Riječ je o Porotherm opeci koja je ispunjena kamenom vunom i ima odlična svojstva toplinske izolacije. Nije zapaljiva, ne upija vodu, paropropusna je te zadovoljava zahtjeve energetske efikasnosti objekta. Ispunjava sve zahtjeve toplinske, akustične i protupožarne zaštite kao i stabilnosti strukture. Zidovi sagrađeni od takve opeke nude visoku toplinsku izolaciju s visokim svojstvima akumulacije topline u konstrukciji, na način da zadržavaju temperaturu i vraćaju je kada se vanjska temperatura snizi. Tako prostorna klima ostaje uravnotežena cijele godine jer se zimi zidovi sporo hlade, a ljeti se sporo zagrijevaju. Porotherm opeka doprinosi smanjenju

debljine zidova kao i vremenu gradnje objekta. Smanjuju se ili se u potpunosti izbjegavaju dodatni slojevi izolacije te se time smanjuje ukupna debljina zidova i do 10 centimetara.

Porotherm opeke međusobno se povezuju ljepljivom, što omogućava jednostavnost i brzinu gradnje i do tri puta, ravne površine te uredno i čisto gradilište. U odnosu na korištenje morta kao vezivnog sredstva, potrebne su manje količine ljepljive. Kako je riječ o suhoj gradnji, vrijeme sušenja i postizanja zahtijevane čvrstoće postiže se odmah.

Proizvedena je od prirodnih recikliranih materijala koji omogućuju zdravo stanovanje i izbjegavanje štetnog utjecaja na okoliš. Cijeli proces podrazumijeva korištenje prirodne gline odnosno prirodnog trajnog materijala. Proizvodnja takve opeke dio je održivog koncepta proizvodnje građevinskog materijala. To podrazumijeva da od procesa iskopa sirovina za opeku do proizvodnje, transporta, ugradnje, korištenja na suncu te na koncu odlaganja iskorištenog materijala, neće doći do emitiranja ili bilo kakvih oslobađanja plinova te štetnih utjecaja.



Slika 28. Porotherm IZO profi opeka sa ugrađenom kamenom vunom

Izvor: wienerberger.hr: [Porotherm IZO Profi opeka](#)

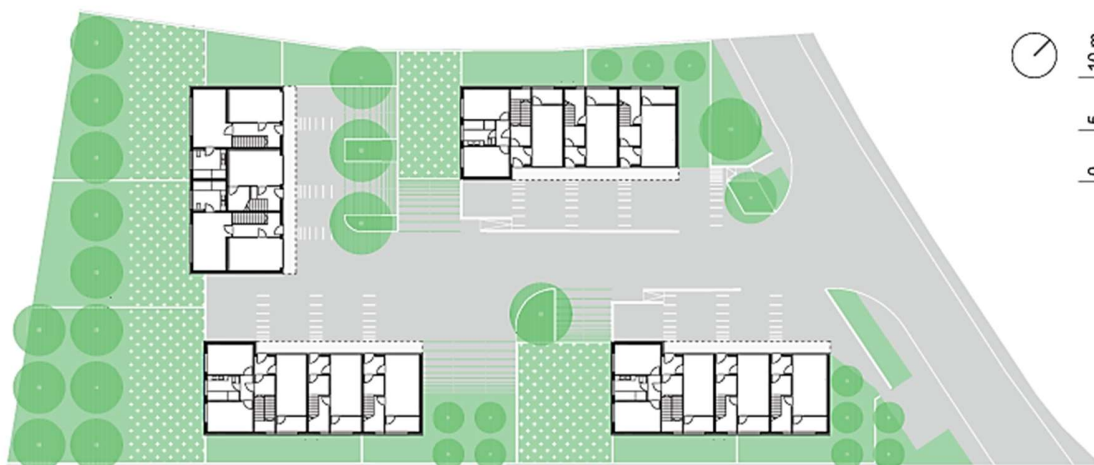
Ovakav način gradnje u Hrvatskoj se primjenjuje gotovo 10 godina. Potresi koji su se dogodili, testirali su sve građevine koje su zidane ovim blokovima uz primjenu specijalnog ljepljiva. Nakon provjere objekata, bilo je sigurno reći da građevine zidane ovakvim sustavom nisu pretrpjele nikakva značajna oštećenja. Ovaj projekt je realiziran kao protupotresna i energetska učinkovita gradnja s velikom udobnosti i kvalitetom stanovanja. [31]

12. Analiza primjera pametne kuće

12.1. Općenito o projektu

Projekt „Alfa stan Jordanovac – Home of the future⁶“ realiziran je 2017. godine na zagrebačkom Jordanovcu. Stambeni sklop se sastoji od dva tipa zgrada koji čine četiri zgrade po tri stana izgrađenih u više etaža. Prostorno ostavljaju dojam malih obiteljskih kuća jer su trostrano ili četverostrano orijentirani. Veličine stanova variraju od 125 do 200 m² korisne površine. Krovovi se koriste kao vanjski prostori stanova na završnim etažama. Prilikom projektiranja i izvedbe konstrukcija, izborom materijala vodila se briga o okolišu i utjecaju na njega. Posebnost projekta je i pametna tehnologija kojom je opremljen svaki stan. [32]

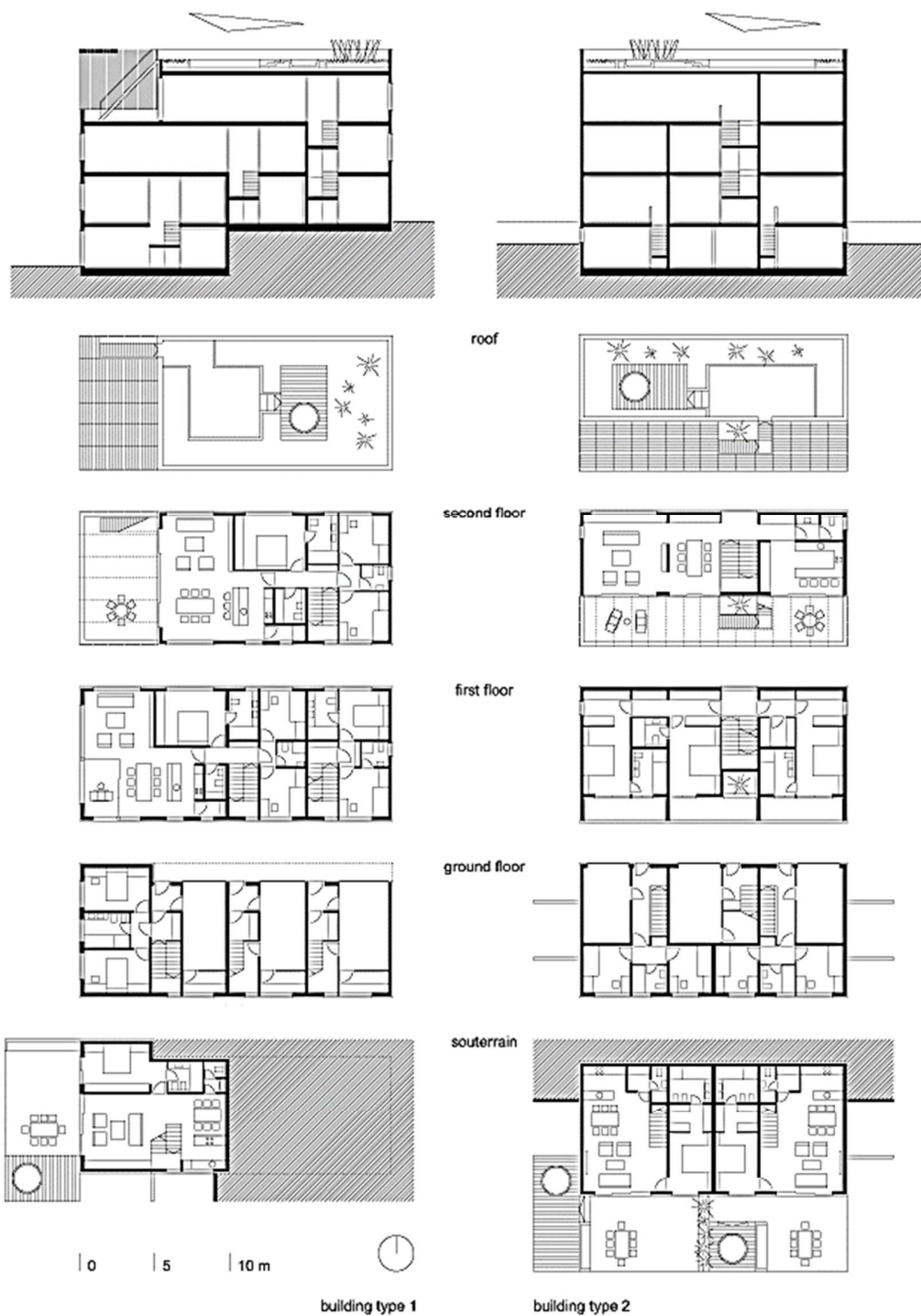
12.2. Tlocrti i nacrti građevine



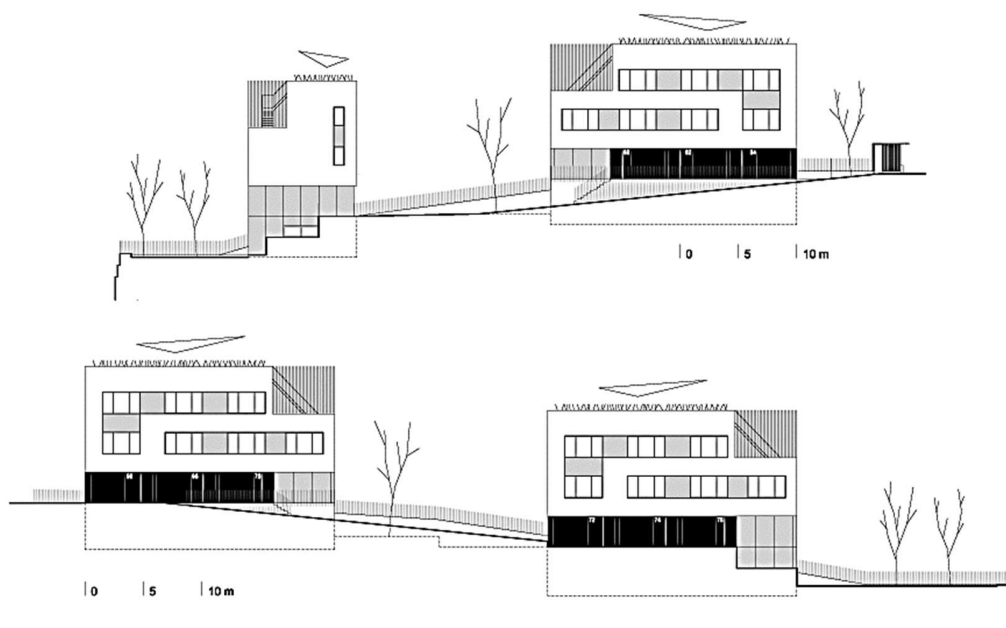
Slika 29. Sklop se sastoji od dvaju tipova zgrada – triju sličnih/zrcalnih, položenih okomito na slojnice i jedne položene usporedno s njima. (Stambeni sklop Jordanovac, Korlaet, 2018.)

Izvor: Housing Complex Jordanovac: [EUMiesAward](#)

⁶ Home of the future – kuća budućnosti



Slika 30. Tlocrti i smještaj prostorija zgrada katnosti Suterren+Prizemlje+Prvi kat+Drugi kat
 Izvor: Housing Complex Jordanovac: [EUMiesAward](#)



Slika 31. Pogledi na zgrade

Izvor: Housing Complex Jordanovac: [EUMiesAward](#)

12.3. Konstruktivna izvedba zgrade

U oblikovnom smislu, kuće su jednostavne prizme. Glavni dijelovi (tijela zgrade) obloženi su ETICS⁷ fasadnim sustavom s glatkom završnom obradom od žbuke, dok su donji dijelovi objekta staklene i HPL⁸ ventilirane fasade velikog formata. Rješenje ovakve toplinske izolacije donosi poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade. Prednost HPL ploča je u tome što su otporne su površinska oštećenja, različite vremenske uvjete te se iznimno dobro ponašaju na otvorenom.

Višestrana orijentacija kuća uz prisutnost velikih otvora čini prostor dobro osvijetljenim i prozračnim. Iako se zgrada čini jednostavnog izgleda, one imaju složene uzdužne presjeke zbog stanova koji se međusobno preklapaju. Na taj način, svakom stanu je omogućen dobar pogled i orijentacija prema jugozapadu.

⁷ ETICS - External Thermal Insulation Composite System; kompozitni sustav vanjske toplinske izolacije.

⁸ HPL – High Pressure Laminates; ploče izrađene u prešama pod velikim tlakom i temperaturom

Konstruktivni sustav čine uzdužni armiranobetonski zidovi na rasponu od 8 metara. Svi zidovi unutar tlocrta su pregradni te je takvo konstrukcijsko obilježje omogućilo fleksibilnost stanova u pogledu razmještaja i veličine prostorija. Sve su instalacije grijanja, hlađenja i ventilacije pametne kuće izvedene u armiranobetonskoj konstrukciji, što čini sustav kompleksnijim. Gledajući s inženjerskog stajališta, zahtjevno je umrežiti i sinkronizirati sve kako bi se kasnije omogućilo upravljanje samo s jednog mjesta.

Posebna pažnja posvećena je tehničkom aspektu. Zbog pomnih proračuna građevinske fizike i primijenjenih materijala, kako u gradnji konstrukcije tako i u postavljanju izolacije, zgrada je označena energetske razredom A+.⁹ [33]



Slika 32. Stambeni sklop Jordanovac
Izvor: *Housing Complex Jordanovac*: [EUMiesAward](#)

⁹ Energetski razred zgrade predstavlja svojstva stambene zgrade koji se izražavaju preko potrebne godišnje toplinske energije za grijanje. Zgrade se svrstavaju u osam energetskih razreda prema energetske ljestvici od A+ do G, gdje A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred.

12.4. Prisutnost pametnog sustava

U nastajanju ovog stambenog projekta, uz primjenu najviših standarda gradnje, primijenjena je i pametna tehnologija. Kuća je sposobna pamtiti vrijeme kada vlasnik dolazi doma ili kada pojačava i smanjuje grijanje te obzirom na dnevne rutine izraditi scenarij na temelju kojeg ona sama postupa. Jedan od primjera je programiranje roleta da se same podižu ili spuštaju u određeno vrijeme.

Osim protuprovalnih senzora, ugrađeni su i senzori pokreta i prisutnosti koji omogućuju automatsko paljenje svjetla prije ulaska u prostoriju. Rasvjeta se može pojačavati i smanjivati, a uz to može i mijenjati boje radi ugođaja. Na krovu, gdje su smješteni vrtovi, nalazi se sustav automatskog navodnjavanja koji je prethodno isprogramiran da u točno određeno doba zalijeva određeni dio vrta.

Grijanje čine dizalice topline s rekuperatorima zraka. Cijeli objekt ima cijevi u zidovima, podovima i stropovima. Kad se prostor zagrije, on troši jako malo energije da ostane topao. Sustav grijanja i hlađenja funkcionira putem betonskih jezgri. Dnevni boravak ima plohe u zidovima koje se griju i hlade dok garaže imaju podno grijanje i hlađenje. Svaka se prostorija može zasebno toplinski regulirati. Stanovi su opremljeni elektroventilima koji u slučaju pada tlaka pretpostavljaju da je došlo do puknuća cijevi te ih automatski zatvara dok se problem ne riješi. Tu su i detektori termičke topline i dima koji će također u slučaju nekog problema javiti što se događa.

Svaki stanar vidi svoj posjed putem videonadzora. Bitno je napomenuti kako nijedan stanar ne vidi sliku cijelog kompleksa nego samo svog, kako se ne bi narušavala privatnost. Slike i snimljene videe šalju se vlasniku tako da u svakom trenutku zna tko mu je u blizini stana. Mogućnost otključavanja vrata je bez ključa, ulazna vrata zaštićena su lozinkom, a predviđena je mogućnost i otiskom prsta. Pored zvona je ugrađena kamera te vlasnik dobiva sliku tko mu je pozvonio ispred vrata. Također, postoji opcija automatskog otvaranja garaže kada senzor prepozna vlasnika odnosno njegov pametni uređaj u blizini koji upravlja vratima.

Tehnologija se koristi kako bi se spriječili problemi raznih vrsta ili, ako se oni i dogode, da se smanji šteta, te da se zaštiti dom i boravak u njemu učini lakšim i ugodnijim. Stanari u zadnje vrijeme traže dom koji je intuitivan, pamti njihove navike i sam radi sve što je potrebno. Ne žele da moraju puno razmišljati, nego im je privlačnija ideja da to tehnologija čini umjesto njih. (Pametni stan na zagrebačkom Jordanovcu, Šparavec, 2019.)

13. Zaključak

Pametnu kuću nazvali smo projektom u kojem se na pravi način integriraju arhitektura, struktura i tehnologija. Ujedno, to je energetske učinkovit objekt koji štedi resurse, koristi obnovljive izvore energije te sadrži pametne uređaje i više sustava integriranih u jednu cjelinu. Zbog sve veće prisutnosti tehnologije, javila se potreba za gradnjom domova koji će biti održivi. Pametnim kućama nazvane su sve one koje koriste pametni uslužni sustav kod upravljanja domom. Koncept je nadograđen tako da više nije riječ samo o energetske održivim kućama s ciljem uštede, već i o poboljšanju kvalitete života u njima. Utvrđeno je kako će planiranje i tehnologija gradnje biti ključna za postizanje visokih standarda. Za gradnju se koriste održivi materijali u skladu s novim građevinskim tehnologijama. Riječ je o pametnim materijalima koji su sposobni reagirati i prilagoditi se promjenama u okolišu. Kao takvi imaju minimalan utjecaj na okoliš te su u svim segmentima ekološko prihvatljivi, a ujedno i kvalitetni kako bi ispunili zadovoljavajuće standarde. Za postizanje standarda suvremenih kuća, veliku važnost imaju temeljna načela održive gradnje prema kojima se ona projektira. Objekt treba biti kompaktan te povoljno orijentiran kako bi dobivao odgovarajuću količinu topline tijekom dana. Mora imati izrađenu kvalitetnu toplinsku izolaciju koja će štiti konstrukciju od vanjskih utjecaja i stolariju koja će također imati dobre izolacijske karakteristike. Takve kuće se sve više grade s infrastrukturom pametne kuće u kojima prevladava skup uređaja koji rade zajedno na način da stvore mrežu i kao takvi budu upravljani i na daljinu. Integracija uređaja čini jedinstven sustav kojim se može upravljati ovisno o navikama i potrebama korisnika iz kojih je sada kuća sposobna učiti i pamti kako bi stvorila odgovarajuće scenarije. Upravljanje uređajima je moguće s jednog mjesta i sama činjenica da sva tehnologija u domu može biti kontrolirana putem jednog uređaja olakšava svakodnevnicu i način života njihovih korisnika. Dokazano je da prednosti pametne kuće nadmašuju njene nedostatke. Iako se za nedostatke navodi cijena sustava i troškovi instalacije, smatra se da bi realizaciju pametnog doma trebalo gledati kao na investiciju. Smatra se da bi se investiranje u modernu gradnju isplatilo nakon nekoliko godina. Ono što predstavlja problem na hrvatskom tržištu je manji interes za primjenu pametne tehnologije, iako su ovdje sustavi pametnih kuća prisutni gotovo deset godina. Investitori ju rijetko primjenjuju i relativno slabo integriraju u svoju ponudu. Razlog tome može biti slaba educiranost investitora bez želje za istraživanjem tržišta novih tehnologija ili procjena da bi uvođenje takvih sustava bilo prevelik trošak. Smatra se da postoji malo dokaza o tome da primjena rješenja pametne kuće može stvoriti značajnu uštedu energije, vremena i novca. Na kraju možemo zaključiti da cijela struktura i ideje pametne kuće kao takve još uvijek čeka svoj zamah u budućnosti.

14. Literatura

- [1] Mamić B., 2022.: Bagarić M.: „NZEB mobilne kućice – MUZA“ <https://baustela.hr/gradiliste/na-primjeru-muza-e-saznajite-sve-vazne-pojednosti-o-zgradama-gotovo-nulte-energije/> 17.1.2023.
- [2] Vasilić Tomić, J.: „Pametna kuća“ [Pametna kuća \(magazinmehatronika.com\)](https://magazinmehatronika.com) 17.1.2023.
- [3] Srdić, S., 2016. „Pametne kuće u Hrvatskoj - mit ili stvarnost“ <http://planb.hr/staging/pametne-kuce-hrvatskoj-mit-stvarnost/>
- [4] Montažne kućice; Pametne kuće <https://montazne-kucice.com/pametne-kuce/> 17.1.2023.
- [5] Gradnja kuće: „3 glavna razloga za instalaciju pametne kuće“ <https://gradnjakuće.com/3-glavna-razloga-za-instalaciju-pametne-kuće/>
- [6] Bašić S., Vezilić Strmo N., Sladoljev M.: „Pametni gradovi i zgrade“, Građevinar 71 (2019) 10, 949-964 <https://doi.org/10.14256/JCE.2733.2019>
- [7] Miletić N.: iNastava: [Likovna umjetnost, 2.r. SŠ - Niskoenergetske, pasivne i pametne kuće](https://www.inastava.hr/likovna-umjetnost/2-razred/s-1-niskoenergetske-pasivne-i-pametne-kuće) 17.1.2023.
- [8] Glavač A.: „Rekonstrukcija klasično građene obiteljske kuće u skladu s principima održive gradnje“, Završni rad, Međimursko veleučilište u Čakovcu – Stručni studij održivi razvoj, Čakovec 2017.
- [9] Gradnja kuće: „Vrste energetske učinkovite kuće“ <https://gradnjakuće.com/energetski-ucinkovite-kuce/vrste-energetski-ucinkovite-kuca/> 20.1.2023.
- [10] Livmark: „Štede li pametne kuće energiju?“ <https://livmark.hr/stede-li-pametne-kuće-energiju.html> 20.1.2023.
- [11] Gradnja kuće: „Načela pasivne gradnje“ <https://gradnjakuće.com/pasivna-niskoenergetska-gradnja/pasivna-kuća-zasto-bi-to-bio-vas-odabir/> 25.1.2023.
- [12] Tomašek M.: „Organizacija građenja pasivne kuće“, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu – Geotehnički fakultet, Varaždin 2017.
- [13] Mišćević, Lj. (2005) Pasivni energetske standard u graditeljstvu kao perspektiva održivog razvitka – prve pasivne kuće u Hrvatskoj. Zbornik radova Energetske perspektive danas i sutra, Hrvatsko energetske društvo, Zagreb, 117-126.
- [14] Hrastović Inženjering: „Ventilacija pasivne kuće“: <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/34-hrastovic/savjeti/113-ventilacija-pasivne-kuće.html> 25.1.2023.
- [15] Shea S., TechTarget.com: „Smart home or building (home automation or domotics)“ <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/smart-home-or-building>, 10.5.2023.
- [16] Lee J., makeuseof.com: „How to Build an Effective and Affordable Smart Home From the Ground Up“, https://www.makeuseof.com/tag/build-effective-affordable-smart-home/?utm_content=buffercdd78&utm_medium=social&utm_source=pinterest.com&utm_campaign=buffer 10.5.2023.

- [17] Popović G., Arsić N., Petrović M., Vučković D.: „Karakteristike i struktura tehničkih sistema u upravljanju pametnim zgradama“, Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, 2014.
<https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2014/radovi/ENS-2/ENS-2-4.pdf>
- [18] Bluespeedav.com: [7 Greatest Advantages of Smart-Home Automation](#), 15.5.2023.
- [19] Hayes A., investopedia.com: [Smart Home: Definition, How They Work, Pros and Cons](#), 15.5.2023.
- [20] Kounlavouth B.: „Smart Home Starter – Advantages and disadvantages of a smart home“, <https://smarthomestarter.com/advantages-and-disadvantages-of-a-smart-home/>, 15.5.2023.
- [21] Blythe Building Company: „How to build a smart home“, <https://blythebuildingcompany.com/blog/how-to-build-a-smart-home> 15.5.2023.
- [22] Krajinović A.: „Električna instalacija pametne kuće“, Diplomski rad, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek 2021.
- [23] International Building Exhibition IBA Hamburg; Smart building materials for the future: „Smart material houses“, [IBA Hamburg – Smart Material Houses](#), 18.5.2023.
- [24] HKGBC: Smart Green Building Design- Best Practice Guidebook, 2021. [Hong Kong Smart Green Building Design](#)
- [25] Bašić S., Vezilić Strmo N., Marjanović S.: „Ovojnice zgrada“, Građevinar 71 (2019) 8, 673-680, <https://doi.org/10.14256/JCE.1565.2016>
- [26] m-kvadrat.ba: „Kinetičke fasade u arhitekturi“: <https://m-kvadrat.ba/kineticke-fasade-u-arhitekturi/> , 19.6.2023.
- [27] Cilento K., archdaily.com: „Al Bahar Towers Responsive Facade / Aedas“, <https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas> 19.6.2023.
- [28] Vinnitskaya I., archdaily.com: „Kiefer Technic Showroom / Ernst Giselsbrecht + Partner“ <https://www.archdaily.com/89270/kiefer-technic-showroom-ernst-giselsbrecht-partner>, 19.6.2023.
- [29] Perez D., engineering.com: „The First Algae-Powered Building Presents Unique Renewable Energy Solution“<https://www.engineering.com/story/the-first-algae-powered-building-presents-unique-renewable-energy-solution> 19.6.2023.
- [30] Stambeno poslovni park – Zeleni dvori Bistra [Zeleni dvori - stambeno poslovni kompleks | Graditeljstvo](#) 20.5.2023.
- [31] Wienerberger.hr: „Porotherm IZO profi opeka“, <https://www.wienerberger.hr/proizvodi/zid/porotherm-linije-proizvoda/porotherm-izo-profi-opeka-punjena-kamenom-vunom.html> , 20.5.2023.
- [32] Korljan Z.: „Alfa stan – pametni stan na zagrebačkom Jordanovcu“, <https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/pametni-stan-na-zagrebackom-jordanovcu-9368093>, 25.5.2023.
- [33] Pogledaj.to: „Stambeni sklop Jordanovac“ <http://pogledaj.to/arhitektura/stambeni-sklop-jordanovac/> , 25.5.2023.

14.1. Popis slika

Slika 1. Tlocrt pametne kuće

Izvor: Mccullagh P.: ResearchGate: [The layout of an example Smart Home | Download Scientific Diagram](#)

Slika 2. Razvoj kućne automatizacije kroz tri faze

Izvor: Bašić, S., Vezilić Strmo, N., Sladoljev, M.: *Pametni gradovi i zgrade*, Građevinar 10/2019
<https://doi.org/10.14256/JCE.2733.2019>

Slika 3. Upotreba kvalitetnih građevinskih materijala i pravilna izvedba slojeva izolacije, doprinijet će boljem energetske standardu kuće

Izvor: Bičak D., poslovni.hr: [Pametne kuće cjenovno su sve dostupnije - Poslovni dnevnik](#)

Slika 4. Povoljni faktori oblika kuće

Izvor: Senegačnik Zbašnik, M. (2009.) *Pasivna kuća*. Zagreb, SUN ARH d.o.o

Slika 5. Upad Sunčevih zraka na južnom pročelju kuće ovisno o godišnjem dobu

Izvor: Savović M.: [Koja je najbolja orijentacija kuće? Razmišljajte na vrijeme](#)

Slika 6. Korišteni materijali za masivnu gradnju na presjeku kuće

Izvor: gradimo.com: [Tehnologija gradnje pri pasivni hiši | Gradimo.com](#)

Slika 7. Zoniranje prostorija s ciljem smanjenja toplinskih gubitaka

Izvor: Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj: [Pasivna i niskoenergetska gradnja](#)

Slika 8. Izvedba slojeva toplinske izolacije

Izvor: Novak S.: [Kvalitetnom izolacijom može se uštedjeti do 80 posto energije - Večernji.hr](#)

Slika 9. Termografska snimka toplinskog zračenja

Izvor: građevinar-oriovac.hr: [Energetska obnova obiteljskih kuća](#)

Slika 10. Presjek i temperaturni učinak ovisno o broju slojeva stakala

Izvor: Mulić S., Softić E.: [Staklo u funkciji poboljšanja energetske efikasnosti kod niskoenergetskih i pasivnih kuća](#)

Slika 11. ApSORBiranje i spremanje Sunčeve energije u konstrukciju

Izvor: Konstantinou T., Prieto A.: [Ekološki principi projektovanja omotača zgrada i dalje: Pasivne i aktivne mere](#)

Slika 12. Princip cirkulacije zraka kroz ventilaciju sa ugrađenim rekuperatorom

Izvor: mcsolar.hr: [Rekuperacija zraka - MC Solar](#)

Slika 13. Prisutnost mogućih sustava u kući

Izvor: researchgate.net: [Sensors used in smart home security system | Download Scientific Diagram](#)

Slika 14. Prisutni sustavi pametnih kuća

Izvor: amplituda.hr: [Integracija i automatizacija - Amplituda - KNX pametna kuća](#)

Slika 15. Upravljanje domom putem pametnog telefona

Izvor: livmark.hr [Livmark](#)

Slika 16. Izrađeni scenarij pametnog sustava na temelju jutarnjih rutina

Izvor: uid.com [Home, smart home – theory and practice of the connected home](#)

Slika 17. Mogućnost praćenja potrošene količine energije

Izvor: ecologycenter.us [Optimize Household Energy: Best Monitoring Solutions - Green Gadgets](#)

Slika 18. Kontrola putem videonadzora sa pametnog uređaja

Izvor: [forbel.com/custom security solutions](http://forbel.com/custom-security-solutions): [How Much Does a Business Security System Cost? | Forbel Alarms](#)

Slika 19. Raspon cijena uređaja, sustava i instalacija

Izvor: [Graham A., fixr.com: Fixr.com | Home Automation Cost | Smart Home Costs](#)

Slika 20. Dijagram uštede energije i resursa

Izvor: [trendir-smart home: Pametna kuća](#)

Slika 21. Novi građevinski materijali prilagodljivi okolini

Izvor: technologycards.net: [New building materials - Technology Cards](#)

Slika 22. Usporedba debljina dosadašnjih izolacijskih materijala sa aerogelom Spacetherm

Izvor: proctorgroup.com – product Spacetherm WL: [Ultra-Thin advanced aerogel Insulation for solid walls](#)

Slika 23. Sastavni dio materijala ojačan vlaknima od polimera koji čini kompozitni materijal

Izvor: compositeskn.org: [Fundamentals of composite materials - A100 - CKN Knowledge in Practice Centre](#)

Slika 24. Svaki trokut presvučen je staklenim vlaknima i reagira na kretanje sunca kako bi se smanjio sunčev dobitak i odsjaj

Izvor: m-kvadrat.ba: [Kinetičke fasade u arhitekturi - M-Kvadrat](#)

Slika 25. Sklopivi aluminijski elementi koji reguliraju prodor svjetlosti i topline

Izvor: archdaily.com: [Kiefer Technic Showroom / Ernst Giselbrecht + Partner | ArchDaily](#)

Slika 26. Bioreaktorski paneli postavljeni na stranama zgrade za proizvodnju energije

Izvor: [The First Algae-Powered Building Presents Unique Renewable Energy Solution | Engineering.com](#)

Slika 27. Usporedba debljine zidova: građenih Porotherm opekom, betonskih zidova i zidova građenih običnom opekom

Izvor: wienerberger.hr: [Porotherm IZO Profi opeka](#)

Slika 28. Porotherm IZO profi opeka sa ugrađenom kamenom vunom

Izvor: wienerberger.hr: [Porotherm IZO Profi opeka](#)

Slika 29. Sklop se sastoji od dvaju tipova zgrada – triju sličnih/zrcalnih, položenih okomito na slojnice i jedne položene usporedno s njima. (Stambeni sklop Jordanovac, Korlaet, 2018.)

Izvor: [Housing Complex Jordanovac: EUMiesAward](#)

Slika 30. Tlocrti i smještaj prostorija zgrada katnosti Suterren+Prizemlje+Prvi kat+Drugi kat

Izvor: [Housing Complex Jordanovac: EUMiesAward](#)

Slika 31. Pogledi na zgrade

Izvor: [Housing Complex Jordanovac: EUMiesAward](#)

Slika 32. Stambeni sklop Jordanovac

Izvor: [Housing Complex Jordanovac: EUMiesAward](#)

14.2. Popis tablica

Tablica 1. Karakteristike pametnih uređaja

Izvor: autor; slike u tablici preuzete sa [iStock](#) i [Dreamstime.com](#)