

UNIVERZALNI FUNKCIONALNI STANDARD

# Ulaganje u kvalitetu jamči stambenu udobnost

PRIPREMILA:  
Tanja Vrančić

Donja bi granica za relativnu vlagu u prostorijama trebala postati standardom, što su stručnjaci zahtijevali i prije nekoliko godina, ali nisu uspjeli uvjeriti projektante i vlasnike zgrada

Ovojnica zgrade i njezin ventilacijski sustav neizostavni su dijelovi svake građevine. Unapređivanje i pravilno te učinkovito ispunjavanje zahtjeva stambene udobnosti i ekološke održivosti temeljni su uvjet koncepta pasivne kuće. Optimizacija danas omogućuje ispunjavanje zahtjeva udobnosti (ISO 7730 za hlađenje, grijanje i vlagu) uz vrlo malu primjenu dodatnih tehnologija. Studije dovršene u posljednjih nekoliko godina na Institutu za pasivnu kuću u Darmstadt, pokazuju da kvantitativni pokazatelji za korisnom potražnjom energije za grijanje i hlađenje (ili opterećenje za grijanje / hlađenje) mogu biti funkcionalni kriterij za sve svjetske klimatske zone. U svakom slučaju, sustav je ventilacije u mogućnosti samostalno pružiti odgovarajuću razinu udobnosti izmjenjivanjem zraka koji je potreban za tražene stupnjeve higijene. Naravno, ta se tehnologija ne mora primjenjivati, moguća je uporaba grijanja i hlađenja uz pomoć radijatora ili cirkulacijom zraka. No i oni su mnogo jednostavniji ako opterećenja za grijanje i hlađenje koja su određena za pasivnu kuću nisu premašena.

Spomenuta optimizacija automatski traži vrlo nisku potrošnju energije za grijanje i hlađenje. Razina potrošnje energije može biti pokrivena obnovljivim izvorima lokalno dostupne energije svugdje u svijetu. Ali ta racionalizacija ima još veće posljedice jer toplinski optimizirana ovojnica zgrade i kontrolirana ventilacija predviđa najvažnije blagodati za udobnost i vijek trajanja zgrade.

Ovojnica zgrade građena prema zahtjevima građevinske fizike i ventilacijski sustav temeljen na kvaliteti zraka smanjuju rizike za zdravlje stanara

Ovojnica zgrade visoke kvalitete prema zahtjevima građevinske fizike i ventilacijski sustav koji se temelji na kvaliteti

zraka, održivo smanjuju glavne rizike za zdravlje stanara.

## Sprječavanje stvaranja plijesni

Ograničavajući faktor za rast plijesni je količina vlage na površinama materijala, mjerena kao "djelovanja voda" (aw-vrijednost). Na aw-vrijednostima ispod 0,75 plijesan ne raste čak ni na podlozi klase I. (organske tvari) i pri povoljnim temperaturama (18 - 24 °C). Tu je aw-vrijednost istovjetna relativnoj vlažnosti u sloju zraka na istoj razini kao i vlage na površini materijala.

Kako vlaga dolazi na unutarnje površine? Relativno je lako pronaći "trivijalne"



Obiteljska kuća u Weikersheimu u Njemačkoj



Dvije zgrade u Hamburgu građene prema principima pasivne kuće

izvora vlage, poput puknuća cijevi, praznine u komponentama zgrade, prepunjenih kada i pokvarenih strojeva za pranje rublja. Tada se problem može lako riješiti i šteta otkloniti tako da se više ne pojavljuje. Nasuprot tome, građevinski nedostaci, kao što su kapilarne veze s terenom (kada zgrada "usisava vlagu") i nedovoljna zaštita od kiše, zahtijevaju konstrukcijske promjene kako bi se mogla dodati odgovarajuća brtvila. Danas su dostupne različite mogućnosti, a problemi se obično mogu popraviti. Vlaga se, međutim, može također pronaći u unutrašnjem zraku, a potječe od ljudi, kuhanja, pranja i čišćenja, ali i od biljaka. Apsolutna je vlaga tako uvijek veća u zatvorenom nego u otvorenom prostoru (osim kad postoji aktivno odvlaživanje). Postotci izmjene unutrašnjeg i vanjskog zraka općenito se povećavaju kako bi se smanjila unutrašnja vlažnost, a proces je učinkovitiji što je hladniji vanjski zrak. Određena je količina vanjskog zraka također po-

trebna za zadovoljavajuću kakvoću zraka u stambenim jedinicama (između 20 i 30 m<sup>3</sup>/h po osobi u skladu sa smjernicama za pasivne kuće).

U zgradama građanim prema standardu pasivne kuće nema visoke razine površinske vlage koja bi mogla prouzročiti štetu. Ne preporučuje se stoga kroz duže razdoblje prosječna unutrašnja relativna vlažnost iznad 60 posto jer će, primjerice, i grinje sve više rasti.

U pasivnim se kućama vrlo lako ostaje ispod te granice tijekom zime u svim klimatskim uvjetima, zahvaljujući i samo prednostima već postojeće ventilacije. U regijama koje imaju veći parcijalni tlak u toplim sezonama tijekom duljeg razdoblja, ne postoji način aktivnoga odvlaživanja (čak ni u pasivnim kućama). Tu je jednostavno već dostignuta razina koju većina ljudi opisuju kao "vruće i sparno". Gornja granica za relativnu vlažnost unutrašnjeg zraka u normalnim situacijama može dakle biti postavljena na 60 posto u pasivnim kućama.

Krivulja tlaka pare pokazuje da pad temperature od približno 3,6 K (1 stu-



Dječji vrtić u Sanderumu, Danska

panj kelvina odgovara 1 °C) povećava relativnu vlažnost od 60 do 75 posto. Na toj se razini jedva može potpuno spriječiti rast plijesni. Ako se može osigurati da temperatura površine koja izravno dotiče unutarnji prostor ne padne ispod temperature zraka u zatvorenoj prostoriji za više od 3,6 K tijekom desetak dana, može se dugoročno spriječiti stvaranje plijesni na tim površinama. Svjetski klimatski podaci pokazuju da je prosječna razlika u temperaturi najhladnijega desetodnevnog prosjeka oko 75 posto od maksimalne temperaturne razlike (prosjeaka) i nikada veća od 87 posto u hladnim podnebljima.

**Samo se u skladu s kriterijem udobnosti može riješiti plijesan na unutarnjim površinama u svim hladnim klimama širom svijeta**

U skladu s kriterijima udobnosti, vanjske građevinske komponente moraju imati takve U-vrijednosti da minimalni dnevni prosjek za unutarnje površinske temperature nikada ne odstupa više od 4,2 K od operativne temperature. Drugim riječima, samo se u skladu s kriterijem udobnosti može riješiti plijesan na unutarnjim površinama u svim hladnim klimama širom svijeta. Dosljedno ispunjavanje kriterija pasivne kuće, uključujući i one za pojedine dijelove zgrade, osigurava unutrašnjost bez plijesni dokle god nema vlage zbog neispravne opreme ili curenja, a relativna vlažnost zraka ostaje ispod 60 posto u najvećoj zimi. Potonji se uvjet može lako ispuniti uz ventilaciju stambenih zgrada, kao što pokazuje praktično iskustvo u završenim pasivnim kućama. Prosječna razina unutarnje vlažnosti uvijek je daleko ispod te vrijednosti – dapače unutarnja je vlažnost zraka ponekad i preniska.

Zašto je prekomjerno suh zrak u stano-  
vima s ventilacijskim sustavima? Izmjena svježega zraka na približno 25 m<sup>3</sup>/h po osobi jedva je dovoljna da se smanji širok spektar unutarnjega zračnog opterećenja (ovisno o dnevnom prosjeku).



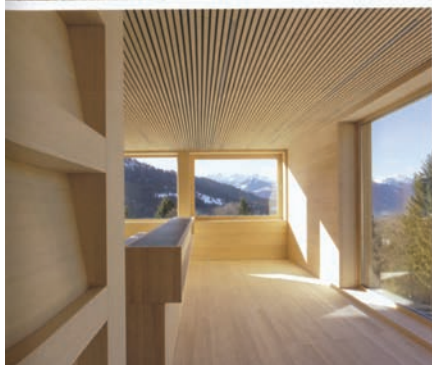
Višestambena zgrada u središtu Berlina

Na vanjskoj temperaturi zraka od približno -12 °C (85 posto vanjske vlažnosti) dovoljna je vlaga samo od stanara da zadrži unutarnju relativnu vlažnost zraka iznad 30 posto. Ako prosječna dnevna temperatura često padne ispod -12 °C u regiji, preporučuje se upotreba ventilacijskoga sustava s izmjenjivačem topline koji nadoknadi od 40 do 65 posto vlage. Ako se primjenjuje to rješenje i volumen zraka ne prelazi 25 m<sup>3</sup>/h po osobi, relativna vlažnost unutarnjeg zraka može biti zadržana iznad 30 posto svuda u svijetu. Sveobuhvatna medicinska istraživanja pokazuju da je ta vrijednost dovoljno visoka kako bi se isključili zdravstveni problemi povezani s očima, kožom i dišnim sustavom.

### Različiti standardi

Međutim, moramo imati na umu da mnoge zemlje imaju standarde, čak i zakone, koji zahtijevaju mnogo veće izmjene postotka zraka po jednoj osobi. Što je veći protok svježeg zraka u

hladnim zimskim klimama, manja je unutarnja vlažnost zraka (učinak razrjeđivanja). Bez ovlaživača zraka, relativna bi vlažnost ponekad pala ispod 30 posto – možda čak i ispod 20 posto. Takve iznimno niske razine kroz nekoliko sati mogu dovesti do širokog raspona fizioloških bolesti. Zato se takvi zakoni moraju mijenjati. Donja bi granica za relativnu vlagu u prostorijama trebala postati standardom. Institut za pasivnu kuću preporučio je da se i taj standard propiše već prije nekoliko godina, ali stručnjaci nažalost nisu uvijek u stanju uvjeriti projektante i vlasnike zgrada. S izmjenama svježega zraka od približno 25 m<sup>3</sup>/h po osobi, pravilno odabranim materijalima za unutarnje površine, zrakonepropusnom ovojnicom zgrade u skladu s kriterijima pasivne kuće, unutrašnja opterećenja na zdravlje relevantnih materijala mogu se smanjiti na pola današnje prosječne razine. Znatno poboljšanje unutarnje kvalitete zraka iz propisane udobnosti pasivne kuće ventilacijom osjetno poboljšava zdravlje



Kulturni centar u St. Germaldu u Austriji

korisnika. Koncentracija čestica prašine iz vanjskog zraka smanjena je još više. Filtri svježeg zraka preporučeni za ventilacijske sustave pasivne kuće filtriraju 90-95 posto prašine s kritičkim promjerom 0,4 mm – što je očito poboljšanje za osobe s astmom.

Jedan od zahtjeva za ventilacijske sustave te kvalitete jest djelotvorna zrakonepropusna ovojnica zgrade. Uz granične vrijednosti od 0,6 sati, propisani standard pasivne kuće radi točno u rasponu u kojem je moguć pristupačan i higijenski, optimalni rad sustava ventilacije. Preostala infiltracija je tada između 5 i 16 posto, a ni ušteda energije ni učinak filtera nije suzbijen. Ta se situacija pogoršava što zgrada postaje manje zrakonepropusna, što je jasan pokazatelj da se takav zahtjev ne smije zanemarivati.

Postoje višestruko ponavljane glasine o nastanku plijesni u ventilacijskim linijama. Tijekom sezone grijanja (s vraćanjem toplote) temperatura vanjskih

protoka zraka raste u izmjenjivaču topline. Kao rezultat toga pada relativna vlažnost zraka. U Frankfurtu, primjerice, relativna vlažnost svježeg zraka nikad nije viša od 60 posto u sezoni grijanja, a obično je znatno manja (15 do 40 posto). Jasno, uvjeti za rast plijesni (više od 75 posto relativne vlažnosti zraka) nisu ispunjeni. Čak i kad sustav radi tijekom ljeta, relativna je vlažnost zraka u kanalu manja od 73 posto na prosječnoj dnevnoj točki rosišta od 18 °C za vanjski zrak. Ta situacija nije kritična ni u Rimu. Međutim, oni koji žive u podneblju gdje se dva vruća i vlažna dana mogu pojaviti jedan za drugim, trebali bi koristiti izmjenjivače topline koji prenose vlagu. Stoga je odvlaživanje potrebno u New Yorku gdje je prosječna dnevna točka rosišta ljeti 21,3 °C, a proizvodi 90 posto relativne vlažnosti na 23 °C. U takvim se slučajevima radi udobnosti zrak treba sušiti. Stoga se može zaključiti da svi sustavi za svjež zrak ključno poboljšavaju higijenu i kvalitetu unutrašnjeg zraka.

## Zaštita i udobnost zgrada

Četiri čimbenika osjetno poboljšavaju zaštitu zgrada koje su građene po principima pasivne kuće. Kriteriji moraju biti ispunjeni za certifikaciju i građevnih dijelova i građevine u cijelosti.

Zrakonepropusna ovojnica zgrade smanjuje nekontrolirana strujanja zraka na zanemarivu razinu. Takva bi strujanja zraka inače distribuirala vodenu paru i CO<sub>2</sub> konvekcijski, što je jedan od glavnih uzroka oštećenja zgrade i u hladnoj i u toploj (vlažnoj) klimi.

Pravilna izolacija građevnih dijelova sprječava površinsku kondenzaciju kada su površinske temperature preniske. Preporučuje se nisko emisijska obloga kako bi spriječila kondenzaciju izvana, pogotovo u zimskim uvjetima (i u nekim tropskim zonama). Vodootporne vanjske školjke – poput onih koje se koriste na samostojećim, negrijanim zgradama u područjima s puno kiše – pomažu protiv natapanja pri velikim količinama padalina.

Kada je pravilno uređen, temperaturni je tlak unutar nosive konstrukcije smanjen jer su promjene manje i sporije kada konstrukcija nije povezana s vanjskom klimom. Ugodna ventilacija (eventualno s dodatnim odvlaživanjem u vrućim / vlažnijim područjima) smanjuje vlažnost u zatvorenom prostoru na rasponu u kojem paraziti ne mogu rasti.

**Ugodna ventilacija smanjuje vlažnost u zatvorenom prostoru do razine u kojoj paraziti ne mogu rasti**

Kriteriji za pasivne kuće izravno se temelje na zahtjevima norme ISO 3370 za toplinsku udobnost. Njihov je cilj doći do udobnosti klase A, koja je najpovoljnija. Kvaliteta komponenti pasivnih kuća prema principima građevne fizike omogućuje znatno lakše postizanje tog cilja. Za svaku su klimatsku regiju prozori certificirani kako bi osigurali najmanju temperaturu površine, manje od 4,2 K ispod sobne temperature i za naj-

hladnijih dana. Nadalje, nema zračenja temperaturne asimetrije koja bi se opazala kao neugodna, a ne postoji ni sloj hladnog zraka ili neugodna strujanja hladnoga zraka po podu. Stoga pasivna kuća pruža bez grijanja ili radijatora ispod prozora bolju udobnost, ali i veću energijsku uštedu.

Preporuke za strujanja svježega zraka i volumena osiguravaju da brzina zraka ostaje ispod 0,1 m/s unutar sobe, a time se isključuje rizik od propuha. Izolirani podovi doslovce sprječavaju da ljudi imaju hladne noge.

### Komponente pasivne kuće

Komponente pasivne kuće trenutačno imaju optimalnu visinu troškova za sve energetske učinkovite dijelove građevina. Tijekom cijelog vijeka trajanja te su komponente i najbolji ekonomski izbor. Primjerice, istraživanja provedena na prozorima pokazuju da oni koji sasvim ne zadovoljavaju kvalitetu komponenti pasivne kuće, bilo da se radi o novogradnjama ili adaptacijama, dugoročno će biti na gubitku.

Pojednostavljenjem sustava za grijanje i hlađenje (mnogo manje gubitaka, neovisnost o mjestu grijanja, kraće linije, nepotrebna prostorija za opremu) dodatno su smanjeni investicijski troškovi u građevinama koje strogo slijede standarde pasivne kuće. Taj je učinak smanjivanja troškova uglavnom rezultat kvalitetne ventilacije, što je i jedan od razloga zašto ulagati u kvalitetu koja jamči i stambenu udobnost u prostorijama.

**Komponente za ovojnicu građevine imaju sve duže trajanje pa se pročelja, prozori i krovovi ne trebaju obnavljati desetljećima, a to znatno smanjuje troškove**

Komponente za ovojnicu građevine imaju sve duže trajanje. Graditelji su naučeni da se pročelja, prozori i krovovi ne trebaju obnavljati desetljećima,



Nagrađivana obiteljska kuća u Kamakuri u Japanu

što znatno smanjuje troškove poslovanja. Dugi vijek trajanja komponenti građevina ima i ekološke prednosti. No komponente pasivne kuće osjetno poboljšavaju zaštitu zgrade. Osim toga, komponente pasivne kuće osiguravaju dovoljno kvalitetne energije za mnoga desetljeća čak i u budućim uvjetima kada će cijene energenata biti mnogo veće, pogotovo u zimskim mjesecima. Stoga je standard pasivne kuće najbolje jamstvo za udobnosti koje će biti dostupne u godinama što dolaze.

Dijelovi pasivne kuće dostupni su za sve tipove gradnje, sve skupine materijala, u svim željenim oblicima i za sve graditeljske zadaće. Trenutačno je više od 500 komponenti certificirano u skladu sa strogim kriterijima Instituta pasivne kuće. Uzmimo još jednom za primjer prozore, oni s trostrukim ostakljenjem postižu U-vrijednosti oko 0,6 W/m<sup>2</sup>K (koeficijentu prolaska topline) i g-vrijednosti (koeficijent energetske propusnosti) iznad 60 posto već su u

prodaji, a raspon prozorskih okvira i dalje raste. Stoga je sve lakše doseći cilj od 15 kWh/m<sup>2</sup> za grijanje, što je osnovni kriterij pasivne kuće. To se može postići na malim obiteljskim kućama bez pretjeranih napora. U drugim projektima izolacija može biti tanja zato jer sadašnji izolacijski materijali imaju nisku razinu toplinske provodljivosti koja je bila nezamisliva prije samo nekoliko godina. Projektanti, dakle, danas imaju široke mogućnosti, a širok im izbor komponenti omogućuju veće kreativne uzlete.

Može se zaključiti da se kvaliteta gradnje ovojnice i tehničkih sustava za pasivne kuće i dalje poboljšavaju kako bi se smanjila potrošnja energije. No ti naponi pomažu povećanju kvalitete drugih važnih čimbenika, kao što su stambeno zdravlje, zaštita građevina i udobnost – da i ne spominjemo ekonomičnost.

Izvor: Wolfgang Feist, 18. međunarodni kongres o pasivnoj kući