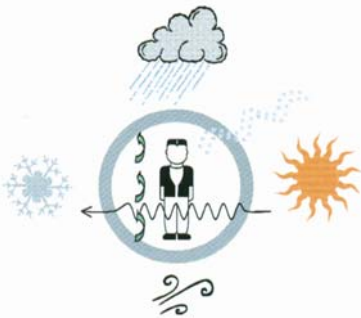


TOPLINSKA ZAŠTITA ZGRADA

Toplinska zaštita zgrada nije samo primjerena toplinska izolacija obodnih konstrukcija zgrade, ona obuhvaća sva rješenja koja smanjuju neugodne utjecaje vanjske klime i temperature te odnose vlage kod minimalne potrošnje energije: zimi za grijanje, ljeti za hlađenje prostora. Kod svih tih rješenja stanari moraju imati primjerenu stambenu - toplinsku ugodnost. Odgovarajuća toplinska zaštita osigurava i veću trajnost zgrade jer sprječava prevelika temperaturna opterećenja u obodnim konstrukcijama i oštećenja zbog utjecaja zračne vlage.

Toplinska ugodnost

Za pravilan rad tjelesnih funkcija čovjekovo tijelo mora održavati stalnu tjelesnu temperaturu približno 36,6°C. Između čovjekova tijela i okoline izmjenjuju se energetske tokovi. Čovjek metabolizmom iz hrane stvara energiju koju pretvara u toplinsku i njome se koristi za obavljanje poslova. Tijelo predaje toplinu



Slika 1. Vanjski utjecaji na osjećaj toplinske ugone

okolini provođenjem kroz odjeću, konvekcijom - gibanjem zraka po površini odjeće, zračenjem između tjelesnih i okolnih površina, ishlapljivanjem - preko izdisaja vlažnog zraka i znojenjem. Što je niža temperatura okolnog zraka, to se veći dio topline izmjenjuje s okolinom zračenjem, provođenjem i konvekcijom. Kad se temperatura okoline približi temperaturi čovjekova tijela, prevla-

davajuće postaje davanje topline okolini ishlapljivanjem.

Čovjek postiže osjećaj toplinske ugone kad su opisani tokovi između čovjekova tijela i okoline u ravnoteži.

Na veličinu energetskih tokova utječu subjektivni ljudski parametri:

- fizička aktivnost
- vrsta odjeće
- temperatura zraka u prostoru
- temperatura obodnih površina
- brzina kretanja zraka u prostoru
- relativna vlažnost zraka u prostoru.

Subjektivni parametri toplinske ugodnosti

Toplina koju čovjekovo tijelo proizvodi i predaje okolini ovisi o fizičkoj aktivnosti, a označava se oznakom met. Vrijednosti proizvedene topline i mjerila fizičke aktivnosti odraslog čovjeka (površina kože 1,8 m²) prikazane su u tablici 1.

Mikroklimatski parametri toplinske ugodnosti

Na skupinu mikroklimatskih parametara toplinske ugodnosti (temperatura zraka i temperatura obodnih površina, relativna vlažnost zraka i brzina kretanja zraka) značajno utječe tlocrt zgrade. Nabrojani mikroklimatski parametri nemaju jednak utjecaj na čovjekovu spoznaju toplin-

ske ugodnosti. Snažniji utjecaj imaju temperatura zraka, temperatura obodnih površina te brzina kretanja zraka pri čovjekovu tijelu, dok manji utjecaj na toplinsku ugodnost ima relativna vlažnost zraka.

Za toplinsku ugodnost važna je temperatura zraka, njezina raspodjela po visini, srednja temperatura obodnih površina, tj. "srednja temperatura zračenja" te razlika između temperatura zraka i srednje temperature zračenja. Čovjek toplinu konvekcijom predaje zraku oko sebe te zračenjem na površine koje ga okružuju. Što je niža temperatura obodnih površina, to više topline čovjek predaje zračenjem te se stoga osjeća neugodno.

Uobičajeno se kao mjerilo za toplinsku ugodnost u prostoru, vrlo pojednostavljeno, navodi samo temperatura zraka u prostoru. Ako se parametri toplinske ugodnosti žele opisati točnije, mora se obuhvatiti i utjecaj temperature obodnih površina. Tada se govori o "osjetnoj temperaturi" koja se grubo opisuje kao prosječna vrijednost temperature zraka i temperature unutarnjih površina. S gledišta toplinske ugodnosti i iskorištavanja energije za grijanje, previsoka je temperatura unutarnjeg zraka nepoželjna jer je prevelika razlika između temperature zraka i okolnih površina za čovjeka neugodna. Jedan od uvjeta ugone boravljenja jest da je razlika između temperature zraka

Tablica 1. Vrijednosti proizvedene topline za različite fizičke aktivnosti odraslog čovjeka

Opis aktivnosti	Proizvedene topline [W/m ²]	Mjerilo fizičke aktivnosti [met]
ležanje	0,8	47
sjedanje	1,0	58
sjedajući rad u uredu	1,2	70
lakši posao, stajanje (kupovina)	1,6	93
srednje težak rad, stajanje (kućni poslovi, rad u radioni)	2,0	117

i srednje temperature zračenja što manja (manja od 2K). Ako se plašt zgrade toplinski izolira, postižu se bolje ugodnosti u prostoru i štedi energiju za grijanje.

Kretanje zraka stalno je prisutno u prostoru i utječe na konvekcijske toplinske gubitke. Utjecaj kretanja zraka na osjećaje povezan je s temperaturom zraka jer se zrak većih brzina čini hladnijim. Zimi je pri temperaturi od 20°-22°C najpovoljnija brzina 0,15 m/s, ljeti 0,25 m/s.

Relativna vlažnost zraka manje utječe na čovjekovu ugodnost, bar u području umjerenih temperatura zraka (15°-25°C). U takvim se slučajevima promjena u relativnoj vlazi za 10% osjeća slično kao promjena temperature zraka za 0,3°C. Preporučena relativna vlažnost u uobičajenim prostorima boravka ne bi smjela biti niža od 35 posto ili viša od 70 posto.

Usklađivanje parametra toplinske ugodnosti

Čovjek osjeća toplinsku ugodnost u području oko optimalnih vrijednosti mikroklimatskih parametara. Ako se mikroklimatski parametri promijene, čovjekovo tijelo može slojevitim oblačenjem te stupnjem tjelesne aktivnosti regulirati manja odstupanja, tako da se još uvijek osjeća toplinska ugodnost. No, odmaknu li se mikroklimatski parametri previše od prihvatljivih vrijednosti, njihova se kombinacija osjeća kao prevruć, prehladan, presuh, prevlažan odnos u okolini. Primjerene vrijednosti mikroklimatskih parametara, koji osiguravaju toplinsku ugodnost, prikazuju psihometrični dijagrami.

Dobrim projektom zgrade do toplinske ugodnosti

Zgradu je potrebno promatrati kao cjelinu. Kako bi funkcionalnost, ekonomičnost i stambena ugodnost postigli visoku kvalitetu, potrebno je već pri projektiranju zgrade i odabirom njezina grijanja voditi računa o mnogim činjenicama:

- okolini: lokaciji i orijentaciji zgrade
- tlocrtnom obliku, rasporedu prostora u njoj
- sastavu i značajkama obodnih konstrukcija: toplinska provodljivost i akumulacija zidova, veličina, toplinska provodljivost i zrakonepropusnost prozora
- načinu uporabe zgrade: temperatura u prostorima, prozračivanje
- vlaženju prostora.

Izbor lokacije zgrade

Lokacija zgrade može povećati ili smanjiti toplinske gubitke zgrade. Najugodniji je položaj zgrade na prisojnoj strani, u području zaštićenom od vjetrova. Temperature su na takvim mjestima približno 2°C više nego u neutralnom položaju, što znači i do 20 posto manje toplinske gubitke kuće.

Mnogo veći utjecaj na toplinske gubitke zgrade ima izloženost vjetru. Vjetar na izloženim položajima povećava konvekcijske toplinske gubitke kroz prozorske spojeve i lagane građevne konstrukcije. Toplinski gubici zgrade na vjetrovitom području mogu biti dva puta veći nego u zgradi u zaštićenom položaju. Nekvalitetno izvedeni spojevi znače i višekratno povećanje toplinskih gubitaka.

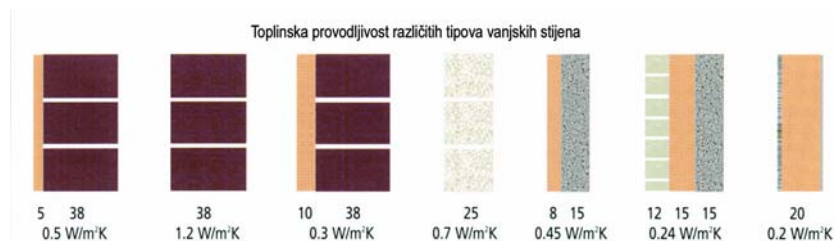
Određena izmjena zraka u zgradama potrebna je iz higijenskih i građevno-fizikalnih razloga. Kod starijih su zgrada toplinski gubici zbog prolaza topline kroz ovoj zgrade dva puta veći od toplinskih gubitaka zbog prozračivanja, dok su kod novijih, kvalitetno izvedenih toplinski izoliranih zgrada oni jednako veliki.

Oblik zgrade

Zgrade jednakih volumena i jednako toplinski izoliranih ovoja, s obzirom na njihov oblik i razvedenost pročelja imaju vrlo različite toplinske gubitke. Toplinski gubici zbog prolaza topline - transmisijski toplinski gubici - povećavaju se razmjerno povećanju vanjske površine zgrade. Na toplinske gubitke zgrade utječe raščlanjenost njezina ovoja, kojeg opisuje oblikovni faktor, to je odnos između površine vanjskog ovoja zgrade i njezina volumena A/V. U usporedbi s obiteljskom prizemnom kućom koja ima najneugodniji odnos A/V, dvokatna zgrada jednake stambene površine ima oko 20 posto manju vanjsku površinu i tome razmjerno manje toplinske gubitke. Stambeni niz ima oko 30 posto manju vanjsku površinu, dok je kod četverokatne kompaktne stambene zgrade vanjska površina ovoja zgrade za pola manja nego kod samostojeće obiteljske kuće. Kompaktna osnova zgrade osim smanjenja toplinskih gubitaka znači i manje troškove gradnje.

Orijentacija i raspored prostora u zgradi

Pravilnom orijentacijom zgrade i primjerenim rasporedom prozora učinkovito se iskorištava Sunčeva energija, koja može nadomjestiti dio energije potrebne za održavanje temperature u stanovima. Preporučljivo je na južnoj strani ugraditi veće prozore s dodatnom zaštitom od sunca (*rolete*), a na ostalim stranama, posebno na sjevernoj, manje prozore. Gubici zbog prolaza topline kroz prozore mogu se smanjiti izborom primjere-



Slika 2. Usporedba vrijednosti koeficijenta prolaska topline U (W/m²K) u zidovima različitih sastava

nog ostakljenja. Kroz niskoemisijsko ostakljenje s plinskim punjenjem prolazi do 2,7 puta manje topline nego kroz uobičajeno dvostruko ostakljenje. Raspored prostora boravka u zgradi na jug i servisnih prostora na sjever važan je zbog kvalitete stanovanja kao i zbog učinkovitog iskorištavanja Sunčeve energije. Prostori s jednakim temperaturnim režimom trebaju biti smješteni zajedno. Vrlo visoke prostore ili prostore planirane preko više katova vrlo je teško jednakomjerno zagrijati, a pritom se troši i više energije.

Prolaz topline kroz ovoj zgrade

Toplina prolazi kroz ovoj zgrade zbog temperaturne razlike između toplog zraka u prostoru i hladnog vanjskog zraka u smjeru niže temperature. Gubljenje topline ne može se zaustaviti, može se smanjiti poboljšavanjem toplinske izolacije obodnih konstrukcija. Kvaliteta toplinske zaštite ovoja zgrade opisuje toplinska prolaznost konstrukcijskog sklopa, koji kazuje koliko topline dođe u vremenskoj jedinici (1 sek) kroz površinu 1 m² konstrukcije, ako je razlika temperatura zraka na obje stijene konstrukcije 1K. Prolaz topline konstrukcijskog sklopa označavao se sa k (W/m²K), usklađivanjem naših propisa i norma s europskim za prolaz topline uvriježila se oznaka U.

Prolaz topline kroz konstrukciju ovisi o ugrađenim materijalima, njihovoj toplinskoj provodljivosti i debljini njihovih slojeva. Poredak slojeva u sklopu ne utječe na prolaz topline, važan postaje kada se govori o akumulaciji topline i toplinskom odazivu zgrade na promjene toplinskih odnosa u okolini. Niski prolaz topline obodnih konstrukcija postiže se ugradnjom toplinskoizolacijskih materijala. Što je manja toplinska provodljivost slojeva, to su manje toplinskoizolacijske karakteristike. Toplinska provodljivost slojeva λ (W/mK) kazuje koliko topline prođe u vremenskoj jedinici (1 sek) kroz

1m² sloj s debljinom 1 m pri temperaturnoj razlici 1K.

Kod višeslojnih konstrukcija potrebno je računski provjeriti odgovara li građevno-fizikalni raspored pojedinih materijala u sklopu. Posebno je važan položaj toplinske izolacije jer zbog neodgovarajućeg sastava slojeva može doći do navlaživanja materijala i do trajnih oštećenja. Svaki sustav - raspored slojeva te položaj toplinske izolacije u ovoju zgrade ima svoje zahtjeve te dobre i slabe karakteristike. S obzirom na namjenu zgrade potrebno je izabrati najpovoljniji sustav.

Površinska kondenzacija

Temperatura unutarnjih površina ovoja zgrade zimi je uvijek niža od temperature zraka u prostoru. Pri određenim uvjetima, kao što su visoka relativna vlažnost zraka u prostoru (stalno iznad 70 posto), premla toplinska izolacija ovoja zgrade, toplinski mostovi, ometano kretanje zraka uz konstrukciju (zavjese, namještaj, u kutovima) može se kondenzirati zračna vlaga na površini, što ima za posljedicu razvoj zidne plijesni.

U prostorima boravka, gdje je relativna vlažnost zraka zimi uobičajeno između 40 posto i 60 posto i samo povremeno - u vrijeme kuhanja ili kupanja - naraste do 80 posto jer je toplinska izolacija ovoja zgrade u propisanim granicama, a detalji građevne fizike pravilno riješeni, ne može se pojaviti površinska kondenzacija i posljedična plijesan. Površinska kondenzacija može se izbjeći dobrom toplinskom zaštitom ovoja zgrade i smanjenjem relativne vlažnosti zraka u prostoru. Na unutarnjoj se strani ugrađuju materijali koji primaju i predaju suvišnu vlagu, a namještaj se ne postavlja uz vanjske toplinsko neizolirane stijene.

Vlaženje u konstrukciji

Važna posljedica povećane vlažnosti materijala jest slabljenje toplinskoizolacijske sposobnosti što je posebno

nepoželjno kod izolacijskih materijala. Jedan od uzroka vlažnja u unutrašnjosti sklopa je i kondenzacija difuznog toka vodene pare.

Zimi je koncentracija vodene pare u zraku grijanog prostora viša od koncentracije vodene pare u vanjskom zraku. Zbog težnje da se koncentracije izjednače, vodena para iz prostora boravka prodire kroz konstrukcijski sklop prema van. Ta se pojava naziva difuzijom vodene pare. Što je topliji i vlažniji zrak u prostoru boravka i što je hladnija i suša okolina, to je snažniji difuzijski prijenos vodene pare.

Zbog različitih temperatura u zgradi i izvan nje temperatura pojedinih slojeva snižava se od unutra prema van. Vodena para koja prolazi od toplijih slojeva prema hladnijim kod neugodnih se kombinacija temperature i relativne vlažnosti kondenzira na određenome mjestu u konstrukciji. Do kondenzacije u konstrukciji dolazi češće kada je toplinska izolacija na unutarnjoj strani ili iza parozapornog sloja na vanjskoj strani toplinske izolacije. Osnovno pravilo za odgovarajući sastav glasi: na unutarnjoj strani konstrukcije mora biti materijal s manjom propusnosti vodene pare i niskom toplinskom izolativnosti, na vanjskoj strani s visokom popustljivošću i visokom toplinskom izolativnosti. Kako bi se spriječila kondenzacija vodene pare, u konstrukciju se na unutarnju toplu stranu toplinskoizolacijskog sloja ugrađuje parna brana ili parna zopora koja sprječava prekomjeren ulaz difuznog toka u unutrašnjost. Sastav konstrukcije je usprkos mogućoj pojavi kondenzacije u zimskom razdoblju odgovarajući ako se konstrukcija tijekom ljeta posuši.

Akumulacija topline

Zgrade se grade od masivnih elemenata (betona, opeke) ili od laganih montažnih elemenata, s površinskom masom manjom od 300 kg/m². Masivne konstrukcije mogu akumulirati

mного topline. U zimskom i prijelaznom razdoblju, koje je najprimjerenije za pasivno iskorištavanje Sunčeve energije (direktnim Sunčevim zračenjem kroz prozore, staklenike, akumulacijske zidove), važno je da zgrada ima dovoljnu toplinskoakumulacijsku masu koja čuva uhvaćenu energiju i uravnotežuje inače prevelike dnevne oscilacije temperature u prostorima boravka. Konstrukcije s velikom akumulacijom topline povećavaju toplinsku stabilnost prostora koje omeđuju. Kako bi se ostvarila dobra toplinska akumulacija prim

jenom masivnih elemenata, kao što su kamen i opeka, njihova se površina ne smije pokrivati raznim oblogama jer se time poništava učinak. Kod dobro toplinsko izoliranih masivnih zgrada oscilacija vanjske temperature jedva se primijeti u unutarnjim prostorima. Lagane konstrukcije imaju malu akumulaciju topline. Iako su dobro toplinski izolirane ne mogu spriječiti i smanjiti vanjske temperaturne utjecaje. Oscilacije temperature u takvim su zgradama velike. Ljeti mnogo više topline ulazi u zgradu zračenjem kroz ostak

ljene površine nego provođenjem kroz krov i zidove. Stoga je potrebno brinuti se o sjenilima koja štite zgradu od pregrijavanja u vrijeme intenzivnog osunčavanja. S druge strane, lagane su konstrukcije upravo zbog male akumulacije topline i dobre toplinske zaštite primjerene za zgrade koje se rabe povremeno i samo kratkotrajno grijaju.

T. Vrančić

Izvor: Informativni list
Za učinkovito rabo energije,
Gradbeni inštitut ZRMK